



POTANSİYEL YER ALTI SUYU BÖLGELERİNİN ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ (AHY) VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) TEKNİKLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ: GEDİZ NEHRİ HAVZASI ÖRNEĞİ

Cansu YURTERİ^{1*}

¹İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
AHY, CBS, Gediz Nehri Havzası, Yer Altı Suyu Bölgeleri, ROC Eğrisi.	Sunulan çalışma, Gediz Nehri Havzası'nın potansiyel yer altı suyu bölgelerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Mevcut çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri ile Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Yönteminin (AHY) entegre bir kombinasyonu kullanılmıştır. Bu kapsamda jeoloji, jeomorfoloji, arazi kullanımı, çizgisel yoğunluk, drenaj yoğunluğu, yükselti, yağış, toprak, eğim, topoğrafik nemlilik indeksi, pürüzlülük ve eğrisellik olmak üzere 12 parametre kullanılmıştır. CBS ortamında AHY algoritması ile tüm parametreler analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda havzanın 2258.03 km ² 'lik kesimi yer altı suyu potansiyeli yüksek ve çok yüksek bölgeler olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı için oluşturulan potansiyel yer altı suyu bölgeleri haritası, kuyu verimleri ve kaynak debileri kullanılarak ROC (Alıcı İşlem Karakteristiği) Eğrisi yardımıyla doğrulanmıştır. Eğri altında kalan alan 0.891 doğruluk oranı ile %89 olarak hesaplanmıştır. Bu oran gerçekleştirilen analizin iyi, araştırma kapsamında izlenen metodolojinin ise etkin ve güvenilir olduğunu göstermektedir.

DETERMINATION OF POTENTIAL GROUNDWATER ZONES USING ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) TECHNIQUES: A CASE STUDY OF THE GEDİZ RIVER BASIN

Keywords	Abstract
AHP, GIS, Gediz River Basin, Groundwater Zones, ROC Curve.	The presented study was conducted to determine the groundwater potential zones of the Gediz River Basin. In the current study, an integrated combination of GIS techniques and the Analytic Hierarchy Process (AHP), one of the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods, was employed. Within the scope of the study, 12 parameters geology, geomorphology, land use/land cover, lineament density, drainage density, elevation, precipitation, soil, slope, topographic wetness index, roughness, and curvature were used. All parameters analyzed with the AHP algorithm in GIS environment. As a result of the analysis, 2258.03 km ² of the basin were determined as areas with high and very high groundwater potential. The groundwater potential zone map created for the study area was validated using well yields and spring discharges with the help of the ROC (Receiver Operating Characteristic) Curve. The area under the curve was calculated as 0.891, with an accuracy rate of 89%. This ratio indicates that the analysis performed is good and that the methodology followed within the scope of the research is effective and dependable.

Alıntı / Cite

Yurteri, C., (2025). Potansiyel Yer Altı Suyu Bölgelerinin Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi: Gediz Nehri Havzası Örneği, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 13(2), 649-674.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process								
C. Yurteri, 0000-0002-4944-0168	<table><tr><td>Başvuru Tarihi / Submission Date</td><td>02.02.2025</td></tr><tr><td>Revizyon Tarihi / Revision Date</td><td>11.03.2025</td></tr><tr><td>Kabul Tarihi / Accepted Date</td><td>08.04.2025</td></tr><tr><td>Yayın Tarihi / Published Date</td><td>27.06.2025</td></tr></table>	Başvuru Tarihi / Submission Date	02.02.2025	Revizyon Tarihi / Revision Date	11.03.2025	Kabul Tarihi / Accepted Date	08.04.2025	Yayın Tarihi / Published Date	27.06.2025
Başvuru Tarihi / Submission Date	02.02.2025								
Revizyon Tarihi / Revision Date	11.03.2025								
Kabul Tarihi / Accepted Date	08.04.2025								
Yayın Tarihi / Published Date	27.06.2025								

* İlgili yazar / Corresponding author: cansu.yurteri@yahoo.com, +90-312-258-2687

DETERMINATION OF POTENTIAL GROUNDWATER ZONES USING ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) TECHNIQUES: A CASE STUDY OF THE GEDİZ RIVER BASIN

Cansu YURTERİ^{1†}

¹Ministry of Interior, Disaster and Emergency Management Presidency, Ankara, Türkiye

Highlights

- Identifying the potential groundwater potential zones is essential for effective water management.
- GIS techniques have been useful to create various thematic layers.
- Groundwater potential zone map was prepared using AHP algorithm and Weighted Overlay Method
- The borehole data was used to validate the accuracy of the model map using ROC curve

Purpose and Scope

This research is mainly focused on assessing groundwater potential zones in Gediz River Basin using GIS-based AHP through weighted overlay analysis.

Design/methodology/approach

Various parameters such as geology, lineament density, geomorphology, slope, soil, elevation, precipitation, drainage density, topographic wetness index, curvature, roughness, and land use/land cover were considered to identify potential groundwater zones in the basin. The selected parameters were weighted and transferred to the ArcGIS 10.8 software for analysis. A weighted overlay analysis was performed on thematic layers in raster data format created in the GIS environment to map groundwater potential zones in the Gediz River Basin. The model map generated was validated using well yields and spring discharges in the basin, and the reliability of the analysis and the suitability of the methods used were determined.

Findings

The evaluated basin area for potential groundwater zones was divided into four regions, each characterized by varying groundwater potential. Among the parameters analyzed using the AHP technique, the geomorphology layer was determined to be the most significant factor influencing groundwater potential, with a weight of 17%. The results indicate that potential groundwater zones in the basin are highly concentrated in the plains in the western and southern areas, where alluvial units are widespread, while the eastern sections exhibit low to medium groundwater potential.

Research limitations/implications

To advance the presented study, it is suggested that additional criteria (e.g., depth to groundwater, groundwater level, topographic position index, NDVI, NDWI, distance to fault, distance to river) and remote sensing techniques be incorporated into the parameters used in the analysis. This would enable analyses with various scenarios involving numerous thematic layers. Accordingly, different model maps representing the basin could be created based on the weights of the factor layers. Additionally, future studies employing satellite data with higher spatial resolution are expected to yield more detailed results due to reduced margins of error, providing a more comprehensive representation of the basin.

Practical implications

The rapid population growth across the basin, along with the parallel increase in demand for access to clean water, underscores the critical importance of investigating and identifying potential groundwater zones for future groundwater development and management.

Social Implications

Given that %75 of the water resources in the study area are used for agricultural practices, the findings have significant potential to improve irrigation processes, agricultural production, and domestic water use efficiency. Furthermore, the research findings are thought to contribute to the United Nations (UN) Sustainable Development Goal 6, which focuses on access to clean water and sanitation.

Originality

There is no prior study specific to the basin that maps potential groundwater zones using AHP and GIS techniques. Within the scope of this research, the potential groundwater zone map for the basin highlights the possibility of developing different strategies for the sustainable use and management of groundwater resources. It also suggests the potential for better land use or urban planning in regions currently under water stress. The findings of this study will serve as a guide in proposing new well locations with high yield potential within the basin. It is also believed that the techniques used in this research have proven effective and could be utilized to identify potential groundwater zones in various regions of Türkiye and around the world.

[†] Corresponding author: cansu.yurteri@yahoo.com, +90-312-258-2687

1. Giriş (Introduction)

Yüzey suları ve yer altı suları yeryüzündeki toplam su hacminin yaklaşık %2.5'ini oluşturmaktadır (Nampak vd., 2014; Kumar vd., 2014; Arulbalaji vd., 2019). Yer altı ve yüzey suları insanların içme ve kullanma suyu olarak temin edebildikleri tatlı su kaynaklarıdır (Patra vd., 2018). Dünyadaki su kaynakları kullanım alanlarına göre tarımsal, endüstriyel ve evsel tüketim amacıyla kullanılmaktadır (Ajay Kumar vd., 2020).

Küresel ekonomik büyüme ve gıda güvenliği için hayati bir öneme sahip yer altı su kaynaklarının miktarı ve kalitesi yıllar içerisindeki iklim koşullarına, nüfusa veya kullanım ihtiyacına göre değişmektedir (Murmu vd., 2019). İnsani tüketim, tarımsal sulama amaçlı ve endüstriyel kullanımlar nedeniyle Dünya genelinde içilebilir suya olan talebin sürekli artması, yer altı suyu potansiyelini ve akiferlerin üretkenliğini değerlendirme gerekliliğini doğurmaktadır (Kom vd., 2024). Bu kapsamda gerek ekosistemlerin gerekse insan faaliyetlerinin sürdürülebilirliğinde kritik bir rol oynayan yer altı su kaynaklarının etkin yönetilebilmesi oldukça önemlidir. Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Raporu'na göre, Dünyada su stresi yaşayan ülkeler arasında 72. sırada olan Türkiye'de kişi başına düşen su miktarı 2000 yılında 1652 m³ iken; 2009 yılında bu miktar önce 1544 m³'e, 2017 yılında 1385 m³'e, 2020 yılında 1346 m³'e, 2023 yılında ise 1313 m³'e düşmüştür (UN, 2024; DSİ, 2025). 2050 yılı nüfus projeksiyonuna göre Türkiye nüfusunun 100 milyon olacağı hesaplanırken, kişi başı yıllık su miktarının ise 1145 m³'e düşebileceği ve Falkenmark İndeks değerlerine göre su stresinin daha da artacağı öngörülmektedir (UN, 2024; Falkenmark vd., 1989). Dolayısıyla su stresi yaşanan bölgelerde dinamik bir kaynak olan yer altı sularının ve akifer sistemlerinin dikkatle izlenmesi gerekmektedir.

2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)

Günümüzde potansiyel yer altı suyu bölgelerini belirlemek ve haritalamak için jeofizik, jeoloji ve hidrojeoloji disiplinleri aracılığıyla kullanılan geleneksel yöntemler, oldukça maliyetli araştırma tekniklerine dayanmaktadır (Panahi vd., 2017). Özellikle bir bölgedeki yer altı suyu potansiyeli değerlendirilirken; bu potansiyelin farklı parametrelere bağlı olduğu ve yer altı suyu varlığının kısa bir mesafede dahi aynı jeolojik birim içerisinde değiştiği gözlemlenmiştir (Saho vd., 2020; Driba vd., 2024). Dolayısıyla günümüzde yer altı suyu aramacılığına yönelik araştırmalar yapılırken geleneksel yöntemlerle; modern bilgisayar tabanlı teknikler ile yer gözlem teknolojilerinin birlikte kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Son yıllarda yer altı suyu araştırmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri, büyük ve karmaşık mekânsal verileri işlemek, karmaşık problemleri anlamak için sistematik, hızlı ve etkin bir yapılandırma sağlamaktadır (Driba vd., 2024; Ganapuram vd., 2009). Özellikle hidrojeolojik araştırmalarda, CBS tabanlı çalışmaların etkili, uygulanabilir, hızlı ve maliyetsiz olması nedeniyle bu teknikler büyük önem kazanmıştır (Murmu vd., 2019). Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılarak gerçekleştirilen potansiyel yer altı suyu bölgelerini belirlemeye yönelik araştırmalarda en yaygın bilinen teknik CBS tabanlı uygulanan yöntemlerdir (Patra vd., 2018; Kumar vd., 2014). Dünyanın farklı bölgelerindeki potansiyel yer altı suyu içeren bölgelerin haritalanması için AHY ile CBS tekniklerinin birlikte kullanıldığı birçok araştırma yürütülmüştür (Kom vd., 2024; Bhuyan ve Deka, 2024; Driba vd. 2024; Achu vd., 2020; Ajay Kumar vd., 2020; Arulbalaji vd., 2019). Bu araştırmalar da genellikle jeoloji, jeomorfoloji, yağış, arazi kullanımı/arazi örtüsü, drenaj yoğunluğu, eğim, yer altı suyu seviyesi derinliği, toprak dokusu, topoğrafik nemlilik indeksi, yükselti ve çizgisellik gibi parametreler kullanıldığı görülmektedir (Shao vd., 2020; Pinto vd., 2017; Dar vd., 2021). Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ile çeşitli parametrelerin analiz edilerek CBS veri tabanına aktarıldığı araştırmalarda potansiyel yer altı suyu bölgeleri başarılı bir şekilde belirlenebilmektedir (Saranya ve Saravanan, 2020). AHY, tüm tematik katmanların ortak bir veri tabanında analiz edilmesini mümkün kılmaktadır (Kumar vd., 2014).

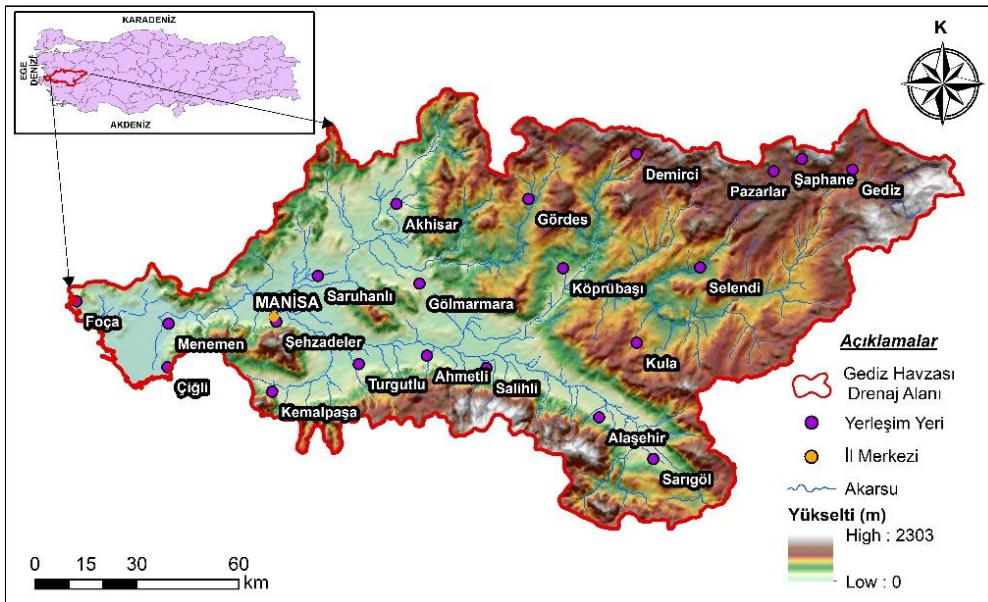
Türkiye'de yer altı suları üzerindeki doğal ve antropojenik faktörler nedeniyle oluşan baskıların giderek artması mevcut tatlı su kaynaklarının daha iyi anlaşılması ve değerlendirilmesi ihtiyacını doğurmaktadır. Özellikle Türkiye'nin tarım ve turizm faaliyetlerinde önemli akarsu havzalarından biri olan Gediz Nehri Havzası'ndaki yıllar içerisindeki kentleşme, sanayileşme, nüfus artışı ve ovalık bölgelerde gerçekleştirilen tarımsal faaliyetler, su kaynakları üzerinde kalite ve miktar yönünden baskı oluşturmaktadır. Bununla birlikte iklim değişikliği süreçleri nedeniyle gerçekleşen taşkın ve kuraklık afetleri havzada su kaynaklarını ve beşeri faaliyetleri olumsuz etkilemektedir (SYGM 2019a, SYGM 2018). Havza özelinde iklim değişikliği kapsamında yapılan projeksiyonlarda 2050 yılı ve sonrasında yağış miktarının %25'i geçen bir oranda azalacağı, sıcaklık artışlarının ise 2.0°C ile 5.5°C arasında gerçekleşeceği öngörülmektedir (SYGM, 2019b, SYGM 2018). Dolayısıyla gerek havza genelinde tespit edilen güncel baskılar gerekse gelecekte havzadaki yer altı su kaynaklarının etkin planlanması ve yönetimi için Gediz Nehri Havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Geçmişte çalışma alanı ve yakın çevresinde paleosismoloji, tektonizma, uzaktan algılama ve hidroloji disiplinlerine yönelik çeşitli çalışmalar yürütülmüştür (Seçen, 2024; Yılmaz 2023; Kaya, 2020; Kütükçü, 2016; Gündoğdu, 2006; Biricik, 1995). Bununla birlikte havza özelinde

potansiyel yer altı suyu içeren bölgelerin AHY ve CBS teknikleri kullanılarak haritalanmasına yönelik bir çalışma mevcut değildir. Bu gerekçeyle Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknikleri ile Analitik Hiyerarşi Yönteminin (AHY) entegre bir kombinasyonu kullanılarak Gediz Nehri Havzasında potansiyel yer altı suyu bölgelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda çalışma alanında jeoloji, çizgisel yoğunluk, jeomorfoloji, eğim, toprak, yükselti, yağış, drenaj yoğunluğu, topoğrafik nemlilik indeksi, eğrisellik, pürüzlülük ve arazi kullanımı/arazi örtüsü gibi parametreler dikkate alınmıştır. Gerçekleştirilen analiz kapsamında seçilen parametreler ağırlıklandırılarak ArcGIS 10.8 yazılımına aktarılmıştır. CBS veri tabanında raster veriye dönüştürülen tematik katmanların ağırlıklı çakıştırma (Weighted Overlay) analizi gerçekleştirilerek Gediz Nehri Havzası'nda potansiyel yer altı suyu içeren bölgelerin haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan model harita ile havzada açılmış kuyuların verimleri ve kaynak debileri ROC Eğrisi (Receiver Operating Characteristic) ile kontrol edilerek analizin güvenilirliği ve kullanılan yöntemlerin uygunluğu belirlenmiştir.

Sunulan araştırma ile çalışma alanı için oluşturulan potansiyel yer altı suyu bölgeleri haritası yardımıyla havzadaki yer altı su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve yönetimi için farklı stratejilerin geliştirilebileceği, hali hazırda su stresi altında olan bölgeler için daha uygun arazi kullanımı veya kentsel planlamaların oluşturulabileceği düşünülmektedir. Havzada yüksek verime sahip olabilecek yeni kuyu lokasyonlarının önerilmesi aşamasında araştırma bulguları yön gösterici olacaktır. Araştırma kapsamında kullanılan tekniklerin etkili sonuçlar verdiği, bu tekniklerin ülkemizin ve dünyanın çeşitli bölgelerinde yer altı suyu içeren potansiyel bölgelerin belirlenmesinde kullanılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca araştırma bulgularının Birleşmiş Milletler (BM) Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin (UNDP, 2015) 6. Maddesi olan temiz suya erişim ve sanitasyona yönelik hedeflere de katkıda bulunduğu düşünülmektedir.

2.1. Çalışma Alanı (Research Area)

Çalışma alanı olarak seçilen Gediz Nehri Havzası İç Batı Anadolu'da 38°02' - 39°10' Kuzey enlemleri ile 26°40' - 29°44' Doğu boylamları arasında yer almaktadır. Havza kuzeyde Susurluk ve Kuzey Ege, doğuda Sakarya, güneyde Büyük ve Küçük Menderes Havzaları ile komşu olup, batıda Ege Denizi'ne kadar uzanmaktadır (Şekil 1). Ortalama 575 m yükseltiye sahip havzadaki yükseltiler 0 m ile 2.303 m arasında değişmektedir (Şekil 1). Kütahya, Balıkesir, Denizli, Manisa, İzmir, Uşak ve Aydın illeri ile komşu olan havza alanının kuzeyinde Simav Dağları (1.800 m) doğusunda Uysal Dağı (1.135 m), Murat Dağı (2.303 m), batısında Spil Dağı (1.513 m) ile Yamanlar Dağı (1.076 m), güney kesiminde Bozdağlar (2.070 m), orta kesime doğru ise Çal Dağı (1.034 m) ve Aysekizi Tepe (1.032 m) yer almaktadır. Çalışma alanının yükseltisi batıdan doğuya doğru artmakta ve doğu batı dağ sıraları arasında Selendi, Akhisar, Menemen ile Alaşehir ovaları yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma sahasına ait yer bulduru haritası (Location map of the research area)

İç Batı Anadolu'da yer alan havzanın NASA POWER DAV portalı ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) verilerine göre 1984-2022 periyodu için yıllık ortalama yağış miktarı ve sıcaklık değerleri sırasıyla 760.51 mm/yıl ve 16.9° C'dir (NASA, 2025; MGM, 2025). Havzanın denize yakın kesimlerinde Akdeniz iklimi özellikleri hâkim iken, havzanın iç kesimlerine doğru Akdeniz ve İç Anadolu iklimleri arasında geçiş iklimi özellikleri görülmektedir. Havza çevresi 962.4 km, havza uzunluğu 264 km, havza yüzey drenaj alanı ise 16.980 km²'dir. Havzadaki ana akarsu olan Gediz Nehri uzunluğu ise 275 km'dir. Gediz Nehri Havzası, doğudan batıya doğru akan bir akarsu

sistemine sahiptir. Havza, yedinci dereceden akarsu ağına sahip olup Gediz Nehri ile Alaşehir, Selendi, Kocaçay, Demirci, Gordes, Kum ve Kemalpaşa çaylarının yer aldığı akarsu kolları ile dendritik bir drenaj deseni sergilemektedir. 2021 yılı TÜİK verilerine göre havzanın toplam nüfusu 1.944.050 olup bu nüfusun %74'ü kentsel bölgelerde yaşamaktadır (TÜİK, 2021). Havza için yapılan nüfus projeksiyonlarına göre 2040 yılı için havza nüfusunun minimum 2.174.843, maksimum ise 2.908.663 kişi olacağı hesaplanmıştır (SYGM, 2019a).

3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

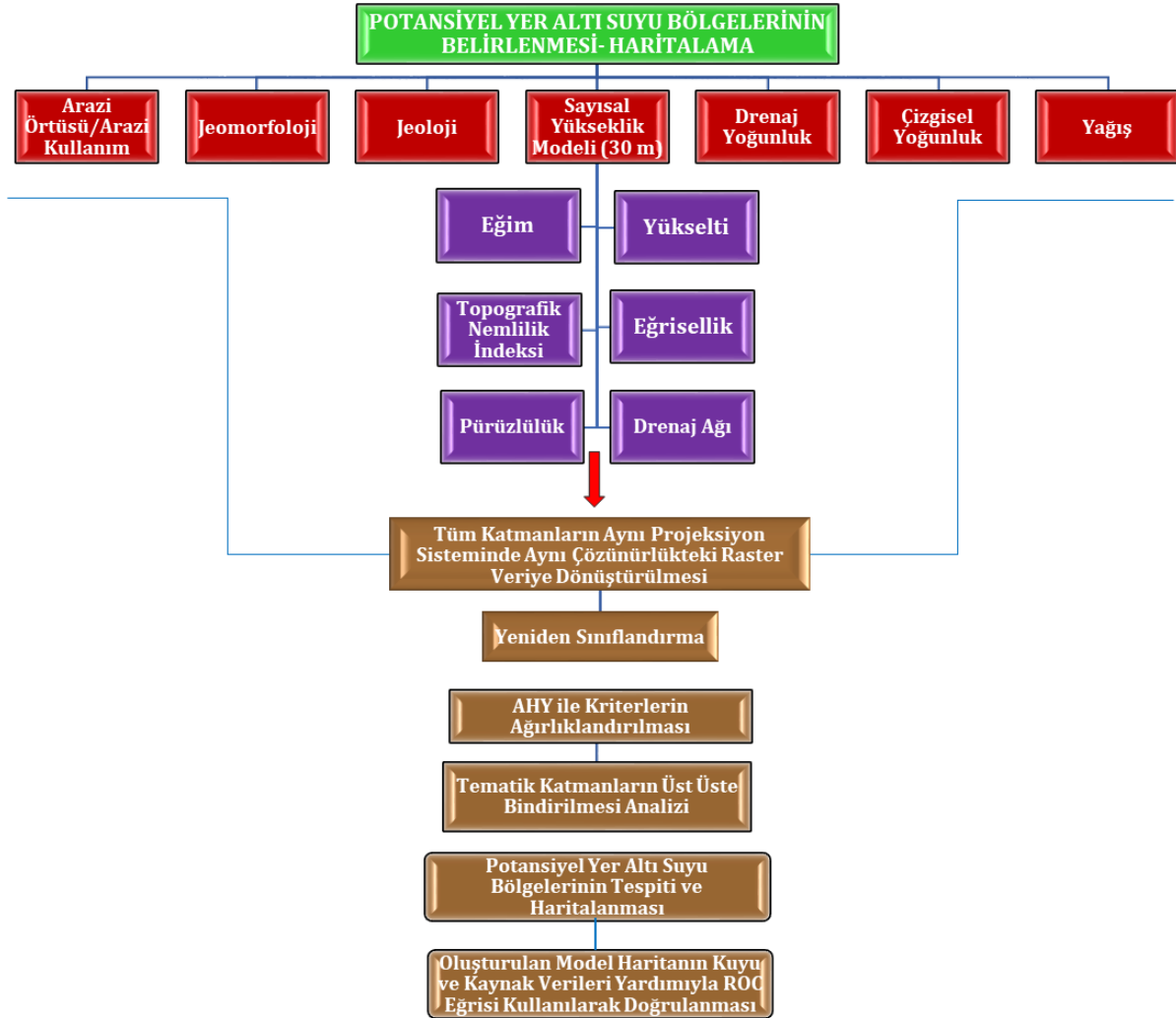
3.1. Materyal (Material)

Sunulan çalışmada, yapılan analizlere altlık oluşturacak olan sayısal veriler çeşitli kurum ve kuruluşların açık erişime sahip, ücretsiz veri portallarından temin edilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan veri setlerinin özellikleri (Properties of the data sets used in the research)

ANALİZ EDİLEN PARAMETRE	OLUŞTURULAN VERİ SETİ KULLANILAN VERİ TABANI	ÇÖZÜNÜRLÜK/ÖLÇEK	AÇIK KAYNAK DOSYASI/ERİŞİM ADRESİ/VERİ TÜRÜ
Yükselti	Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)-30 m çözünürlüğe sahip Shuttle Radar Topografya Misyonu (SRTM) verileri - CBS ortamında ArcGIS 10.8 yazılımı	30 m	https://earthexplorer.usgs.gov/ Raster Veri
Eğim	Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)-30 m çözünürlüğe sahip SRTM verileri - CBS ortamında ArcGIS 10.8 yazılımı	30 m	https://earthexplorer.usgs.gov/ SYM 'den üretilen Raster Veri
Jeomorfoloji	30 m çözünürlüğe sahip Shuttle Radar Topografya Misyonu (SRTM) verileri-Jenness algoritması kullanılarak otomatik yer yüzey şekilleri sınıflandırma modülü	30 m	(https://earthexplorer.usgs.gov/ https://www.jennessent.com/arcgis/land_facets.htm SYM'den üretilen Raster Veri
Drenaj Yoğunluğu	30 m çözünürlüğe sahip Shuttle Radar Topografya Misyonu (SRTM) verileri-CBS ortamında ArcGIS 10.8 yazılımının Hidroloji komutu ile havza drenaj ağı belirlenmiştir.	30 m	https://earthexplorer.usgs.gov/ SYM'den üretilen Akarsu Ağı: Vektör veri
Yağış	NASA POWER DAY verileri-Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)- CBS ortamında ArcGIS 10.8 yazılımı	30 m	https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/ Noktasal Veri
Çizgisel Yoğunluk	MTA Fay Haritası	1/500.000	https://yerbilimleri.mta.gov.tr/ Vektör Veri
Topoğrafik Nemlilik İndeksi	30 m çözünürlüğe sahip Shuttle Radar Topografya Misyonu (SRTM) verileri-CBS ortamında ArcGIS 10.8 yazılımının çeşitli komutları kullanılmıştır.	30 m	https://earthexplorer.usgs.gov/ SYM 'den üretilen Raster Veri
Jeoloji	MTA Jeoloji Haritası	1/500.000	https://yerbilimleri.mta.gov.tr/ Vektör veri
Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü	CORINE Land Cover 2018 verileri-CBS ortamında ArcGIS 10.8 yazılımı	1/100.000	https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover Vektör veri
Toprak	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütünün (FAO/UNESCO) web portalı- CBS ortamında ArcGIS 10.8 yazılımı	1/5.000.000	www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/ Vektör Veri
Pürüzlülük	30 m çözünürlüğe sahip Shuttle Radar Topografya Misyonu (SRTM) verileri-CBS ortamında ArcGIS 10.8 yazılımının Pürüzlülük komutu	30 m	https://earthexplorer.usgs.gov/ Raster Veri
Eğrisellik	30 m çözünürlüğe sahip Shuttle Radar Topografya Misyonu (SRTM) verileri-CBS ortamında ArcGIS 10.8 yazılımının Eğrisellik komutu	30 m	https://earthexplorer.usgs.gov/ Raster veri
Su Noktaları (Kuyu, Kaynak)	CBS ortamında noktasal verilerin alansal dağılımı	-	Vektör Veri

Çalışma alanı için oluşturulan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) NASA'nın Earth Explorer Portalı'ndan (USGS, 2025), yağış ile sıcaklık verileri NASA POWER DAV portalı ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (NASA, 2025; MGM, 2025); toprak verileri Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü toprak portalından (FAO/UNESCO, 2025); jeoloji paftaları ve fay haritası Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü'nden (MTA, 2025), arazi kullanım/razi örtüsü verileri Kopernik Arazi İzleme Servisi'nden (COPERNICUS, 2025), jeomorfoloji verileri ise Jenness arazi yüzey şekilleri sınıflandırma modülünden temin edilmiştir. Çalışma alanında kullanılan verilere yönelik bilgiler Tablo 1'de, izlenen yönteme ilişkin akış şeması ise Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. Potansiyel yer altı suyu içeren bölgelerin haritalanması sırasında takip edilen metodolojiye ilişkin akış şeması (Flowchart of the methodology followed during the mapping of potential groundwater zones)

3.2. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (Analytic Hierarchy Process Method)

Son yıllarda ÇKKV tekniklerinden en yaygın ve en bilinen yöntemlerden biri olan Analitik Hiyerarşik Yöntemi (AHY) kullanılarak potansiyel yer altı suyu içeren bölgeler haritalanmaktadır. Bu yöntem, tüm tematik katmanların analiz edilmesine ve CBS ortamına aktarılmasına yardımcı olmaktadır. Gerçekleştirilen çalışma kapsamında toplamda 12 parametre dikkate alınmıştır.

1980 yılında Thomas Saaty tarafından geliştirilmiş olan AHY, seçme ve sıralama problemlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Saaty, 1980). Söz konusu yöntem, kriterlerin ve alternatiflerin ikili olarak karşılaştırılması esasına dayanmaktadır. AHY çeşitli aşamalarla gerçekleştirilmektedir. Öncelikle 1. aşamada ele alınan problem tanımlanarak bir hiyerarşik yapı oluşturulur.

2. aşamada alanında uzman görüşlerden, saha gözlemlerinden ve yapılmış araştırmalardan yararlanılarak Saaty (1990) tarafından geliştirilen ölçeğe göre ilgili kriterlere veya alternatiflere değer atanarak karşılaştırma matrisi oluşturulur. Oluşturulan karşılaştırma matrisi kullanılarak gerçekleştirilen ikili karşılaştırma, iki kriter veya alternatifin birbiriyle karşılaştırılması esasına dayanmaktadır. Saaty tarafından geliştirilen göreceli önem ölçeği 1

ile 9 arasında değişen bir ölçek olup bu ölçekteki sayısal değerler aracılığıyla kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri tanımlanmıştır (Saaty, 1990) (Tablo 2).

Tablo 2. Saaty tarafından önerilen ikili karşılaştırma ölçeği (Saaty, 1990) (Scale for pairwise comparison proposed by Saaty)

ÖNEM DERECECİNİN SAYISAL DEĞERİ	ÖNEM DERECECİ	DEĞERLENDİRME
9	Son Derece Önemli	Bir parametre diğer parametreye göre son derece öneme sahiptir.
7	Çok Yüksek Derecede Önemli	Bir parametre diğer parametreye göre çok yüksek derecede öneme sahiptir.
5	Yüksek Derecede Önemli	Bir parametre diğer parametreye göre yüksek derecede öneme sahiptir.
3	Orta Derecede Önemli	Bir parametre diğer parametreye göre orta derecede öneme sahiptir.
1	Eşit Derecede Önemli	İki parametrede eşit derecede önem derecesine sahiptir.
2,4,6,8	Ara Değerler	

İkili karşılaştırma ölçeğine göre hazırlanan karşılaştırma matrisinin (A) i. satır ve j. sütununda bulunan elemanı a_{ij} şeklinde gösterilir. a_{ij} değeri i. kriter ile j. kriterin ikili karşılaştırma değeri olarak gösterilmektedir. a_{ji} değeri ise matrisin köşegenine göre simetrisi nedeniyle $1/a_{ij}$ olarak hesaplanmaktadır. Karşılık olma özelliği olarak bilinen bu özellik kriter i'nin, kriter j'ye göre ne derecede önemli olduğunu göstermektedir (Saaty, 1990) (Eşitlik 1).

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1j} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & 1 & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad a_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

3. aşamada önem dereceleri belirlenen kriterlerden oluşan karşılaştırma matrisinin normalizasyon işlemi gerçekleştirilir. $N \times N$ boyutlu bir kare matris ile temsil olan karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerindeki bileşenleri diyagonal olarak 1 değerini almaktadır. Karşılaştırma matrisindeki her bir hücre değerinin ilgili sütun toplamına bölünmesi ile matrisin normalizasyon işlemi gerçekleştirilir. Sonrasında matriste yer alan her bir değer toplamının aritmetik ortalaması şeklinde öncelik vektörü (W_i) hesaplanır (Eşitlik 2).

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

Sonrasında öncelikler vektörü (W_i) ile başlangıçtaki karşılaştırma matrisi (A) çarpılarak her bir kriterin ağırlık değerleri bulunur. Ağırlık değerleri öncelikler vektörü elemanlarına bölünerek özdeğer vektör bulunur ve en büyük özdeğer vektör olan λ_{max} hesaplanır (Eşitlik 3).

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{W_i} \quad (3)$$

4. aşama olarak hesaplanan λ_{max} değeri ve analizde kullanılan kriter veya alternatif sayısı kullanılarak Tutarlılık İndeksi (CI) değeri hesaplanır (Eşitlik 4).

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

CI değeri hesaplandıktan sonra 5. aşamada ikili karşılaştırmaların tutarlılık durumlarının anlaşılabilmesi amacıyla tutarlılık testleri gerçekleştirilir. Tutarlılık testleri kalibrasyon, seçme ya da sıralama işlemlerinden oluşmaktadır. Tutarlılık testleri yapabilmek için öncelikle yapılan analizin Tutarlılık Oranı (CR) hesaplanır. CR hesaplanırken CI ve Rassal İndeks (RI) parametreleri kullanılır (Eşitlik 5).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

CR hesaplanırken hesaplamada kullanılan RI değeri analizde kullanılan kriter veya alternatif sayısına göre değişmektedir (Saaty, 2000).

Tablo 3. Rassal Indeks değerleri (Random Index values)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.53	1.56	1.57	1.59

CI değerinin RI değerine oranlanmasıyla CR değeri hesaplanmaktadır. CR'nin 0.10'dan küçük olması karar verici tarafından karar matrisi kullanarak yapılan karşılaştırmaların tutarlı olduğunu göstermektedir (Saaty, 2000). Gerçekleştirilen analizde yüksek ağırlığa sahip bir parametre, yer altı suyu potansiyeli üzerinde yüksek etkiye sahip katmanı gösterirken, düşük ağırlığa sahip parametre, yer altı suyu potansiyeli üzerinde düşük bir etkiye sahip olan katmanı göstermektedir. CR değerinin 0.00 olması durumunda ise kriterler veya alternatifler arası karşılaştırmada mükemmel bir tutarlılık düzeyinin olması söz konusudur. CR'nin 0.10'dan büyük olması ise karar vericinin karar matrisinde verdiği cevaplarının tutarsızlığına ya da hesaplama hatasına işaret etmektedir (Saaty, 2000). Dolayısıyla hipotezin tekrar kurularak analizin tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir.

4. Bulgular (Findings)

Akifer birimlerin yer altı suları beslenmesi birçok faktöre bağlıdır. Mevcut çalışmada, havzadaki potansiyel yer altı suyu içeren bölgeleri belirlemek için jeomorfoloji, jeoloji, çizgisel yoğunluk, yükselti, eğrisellik, pürüzlülük, eğim, toprak, yağış, drenaj yoğunluğu, arazi kullanımı/arazi örtüsü ve topoğrafik nemlilik indeksi olmak üzere 12 parametre dikkate alınmıştır. Analizde değerlendirilen her bir parametre raster veri formatında birer tematik katmanı temsil edecek şekilde hazırlanmıştır. 12 parametrenin analizi ile oluşturulan tematik katmanların, havza alanındaki yer altı suyu beslenmesine katkı verdiği varsayılmaktadır.

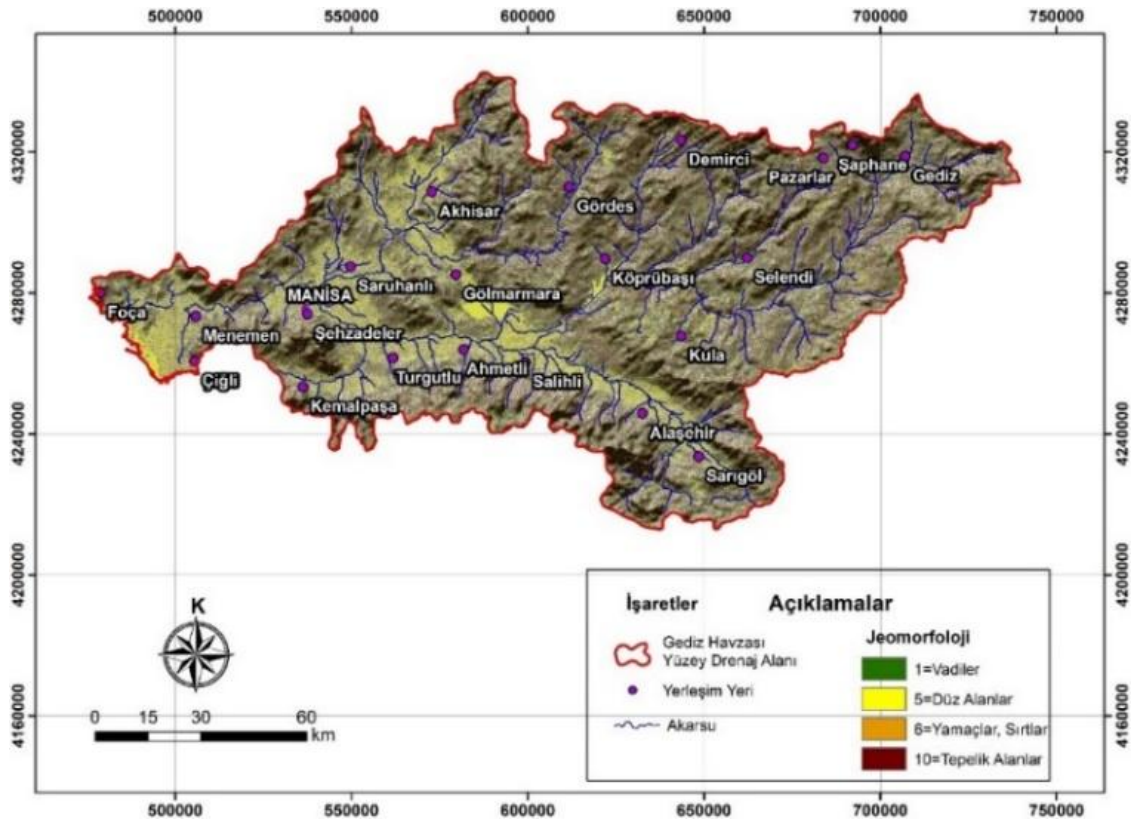
Çalışma kapsamında kullanılan tüm veriler ArcGIS 10.8 yazılımıyla ortak bir veri tabanında Dünya Jeodezi Sistemi 1984 (WGS 84) Evrensel Enlem Merkatörü (UTM) Zon 35 projeksiyon sistemiyle analiz edilmiştir. Analizde kullanılan her bir katmanı temsil eden alt sınıflar 1 ile 5 arasında değişen bir sıralamayla puanlanmış, Saaty ölçeği yardımıyla AHY kullanılarak ilgili katmanların ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Tüm katmanlar CBS ortamında ağırlıklı çakıştırma (weighted overlay) komutu kullanılarak üst üste bindirilmiş ve havza için potansiyel yer altı suyu bölgelerini içeren model bir harita oluşturulmuştur. CBS teknikleri, aşağıda bulguları sunulan farklı parametreleri temsil eden tematik katmanları hazırlamak için kullanılmıştır. Sunulan araştırma kapsamında her bir katmana ilişkin gerçekleştirilen analizlere yönelik bulgular aşağıda sırasıyla verilmiştir.

4.1 Jeomorfoloji (Geomorphology)

Bir alanın arazi yüzeyini ve topografyasını temsil eden jeomorfoloji parametresi potansiyel yer altı suyu bölgelerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan faktörlerdendir (Ganapuram vd., 2009). Hidro-jeomorfolojik araştırmalar, hidro-jeomorfik birimler ile yer altı suyu kaynakları arasında güçlü bir ilişkinin varlığını ortaya koymaktadır (Patra vd., 2018). Bu kapsamda ArcGIS 10.8 yazılımı kullanılarak Jenness arazi yüzey şekilleri sınıflama modülü ile havzanın jeomorfolojik sınıflaması yapılmıştır.

Çalışma alanı vadiler, düz alanlar, yamaçlar, sırtlar ile tepelik alanlardan oluşmaktadır (Şekil 3). Havzanın %13.54'lük (2289.8 km²) kesimi düz alanlardan, %41.21'lik (6970.6 km²) kesimi vadilerden, %39.48'lik (6677.7 km²) kesimi tepelik alanlardan, %5.77'lik (975.3 km²) kesimi ise yamaç ve sırtlardan oluşmaktadır (Tablo 4). Sunulan çalışmada vadiler ve düz alanlar yer altı suyu potansiyeli yüksek bölgeler olarak tanımlanırken; yamaçlar, sırt ve tepelik alanlar yer altı suyu potansiyeli düşük alanlar olarak tanımlanmıştır.

Bu kapsamda vadiler ve düz alanlar için yüksek ağırlık değerleri; sırtlar, yamaçlar ve tepelik alanlar için düşük ağırlık değerleri verilmiştir.



Şekil 3. Çalışma sahasının jeomorfoloji haritası (The geomorphology map of the research area)

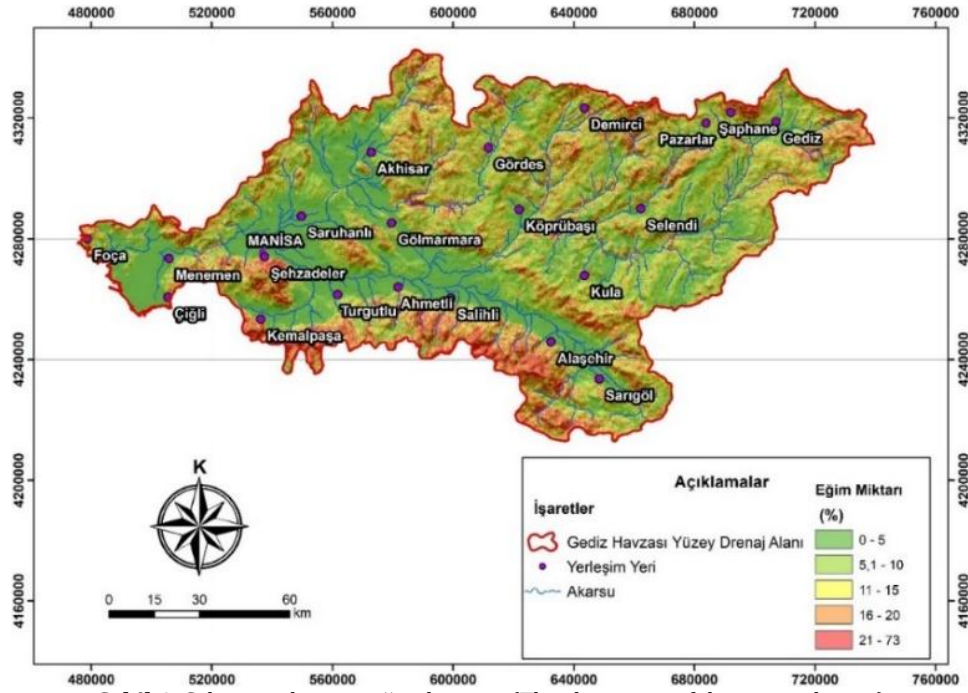
Tablo 4. Jeomorfoloji katmanı için yapılan analize ait bulgular (Findings of the analysis for the geomorphology layer)

JEOMORFOLOJİ	AHY AĞIRLIK DEĞERİ	ALAN (KM ²)	ORAN (%)
Vadiler	0.558	6970.6	41.21
Düz Alanlar	0.263	2289.8	13.54
Yamaçlar, Sırtlar	0.122	975.3	5.77
Tepelik Alanlar	0.057	6677.7	39.48
CR: 0.065, CI:0.059, λ max:4.18, RI: 0.90			

4.2 Eğim (Slope)

Suyun yer altı suyuna sızmasını kontrol eden ve yüzey akışını doğrudan etkileyen eğim parametresi potansiyel yer altı suyu içeren bölgelerin belirlenmesinde yaygın bir şekilde kullanılan bir kriterdir (Dar vd., 2021). Sızma hızı ile ters orantılı olan eğim açısı miktarı, yer altı suyu potansiyelini etkileyen önemli bir topoğrafik faktör olarak kabul edilmektedir (Pande vd., 2021). Genellikle, hafif eğimli bir arazide yüzeysel akışa geçen suyun hızı düşük, sızma oranı ise yüksektir (Verma ve Patel, 2021). Dolayısıyla bu durum yer altı suyuna olan beslenimi artırmaktadır. Orta ve daha dik eğim derecelerine sahip yamaçlarda ise yüzeysel akış hızı daha yüksek, sızma oranı ise daha düşük olup sınırlı bir beslenme gerçekleşmektedir.

Çalışma alanının eğim haritası 30 m çözünürlüğe sahip SYM kullanılarak ArcGIS 10.8 yazılımında yer alan yüzey modülünün eğim komutuyla oluşturulmuştur (Şekil 4). Çalışma alanındaki eğim miktarı 0° ile 73° derece arasında değişmektedir. Havza eğim dereceleri ise ArcGIS ara yüzünün doğal kırılma algoritması kullanılarak beş sınıfa ayrılmıştır (Tablo 5). Havzanın 9877.6 km²'lik (%58.40) bölümü düşük eğim miktarına (0-10°) sahip alanlardan oluşmaktadır. Havzada eğim miktarı düşük olan alanlar yüksek yer altı suyu potansiyeline sahip alanlar olarak tanımlanırken, eğim miktarı yüksek bölgeler yer altı suyu potansiyeli düşük alanlar olarak tanımlanmıştır.



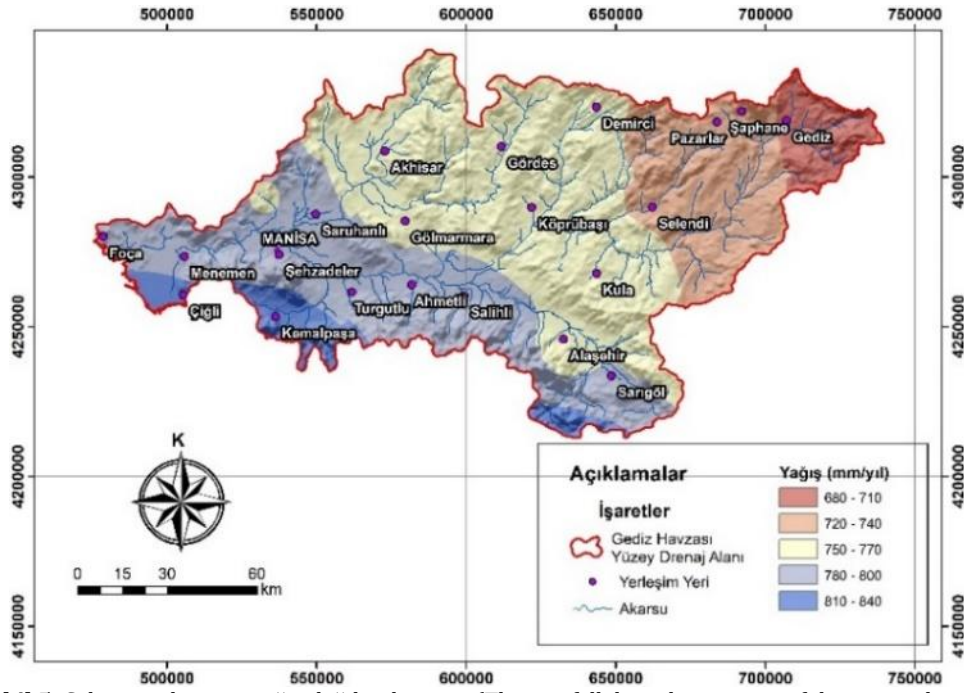
Şekil 4. Çalışma sahasının eğim haritası (The slope map of the research area)

Tablo 5. Eğim katmanı için yapılan analize ait bulgular (Findings of the analysis for the slope layer)

EĞİM DERECEŚİ(°)	AHY AĞIRLIK DEĞERİ	ALAN (KM ²)	ORAN (%)
0-5	0.503	5829.0	34.5
5-10	0.260	4048.6	24.9
11-15	0.134	3125.1	18.5
16-20	0.068	1944.5	11.5
21-73	0.035	1969.7	11.6
CR: 0.083, CI:0.093, λ max:5.37, RI: 1.12			

4.3. Yağış (Rainfall)

Hidrolojik döngünün bir bileşeni olan ve yer altı suyu beslenmesinin önemli bir kaynağı olan yağış, potansiyel yer altı suyu bölgelerinin haritalanmasında yaygın kullanılan parametrelerden biridir (Panahi vd., 2017). Yağışın süresi ve yoğunluğu, sızma ve yer altı suyu beslenme süreçleri üzerinde oldukça etkilidir (Shao vd., 2021). Yüksek yağış miktarına sahip alanlar yer altı suyunun beslenmesine, az yağış alan bölgelere göre daha fazla katkıda bulunmaktadır (Manap vd., 2013) yeraltı suyunun beslenme olasılığı, yıllık yağışın yüksek olduğu yerlerde maksimum, yıllık yağışın düşük olduğu yerlerde ise minimumdur. Çalışma alanı olan Gediz Nehri Havzası'nın alansal yağış dağılım haritası ArcGIS 10.8 yazılımında IDW komutu kullanılarak hazırlanmıştır (Şekil 5). Havzada noktasal yağış verileri kullanılarak oluşturulan alansal yağış dağılım haritasına göre bölgeye düşen yağış miktarı beş sınıfa ayrılmıştır. Havzanın batı, güney ve kuzey batı kesimleri dere yataklarının yer aldığı alüvyon alanlar olup bu bölgelere düşen yağış miktarı 780-800 mm/yıl arasında değişmektedir. Alanın güney ve güneybatı kesimlerindeki dağ sıralarının olduğu bölgeler, çalışma alanında yükseltinin arttığı bölgeler olup, bu bölgelere düşen yağış miktarı 810-840 mm/yıl arasında değişmektedir. Sunulan çalışmada oluşturulan yağış dağılım haritasına göre yüksek yağış sınıfına, akiferlerin yeniden beslenme potansiyelinin yüksek olması nedeniyle daha yüksek puan verilirken, az yağış alan bölgelere görece daha düşük puanlar verilmiştir.



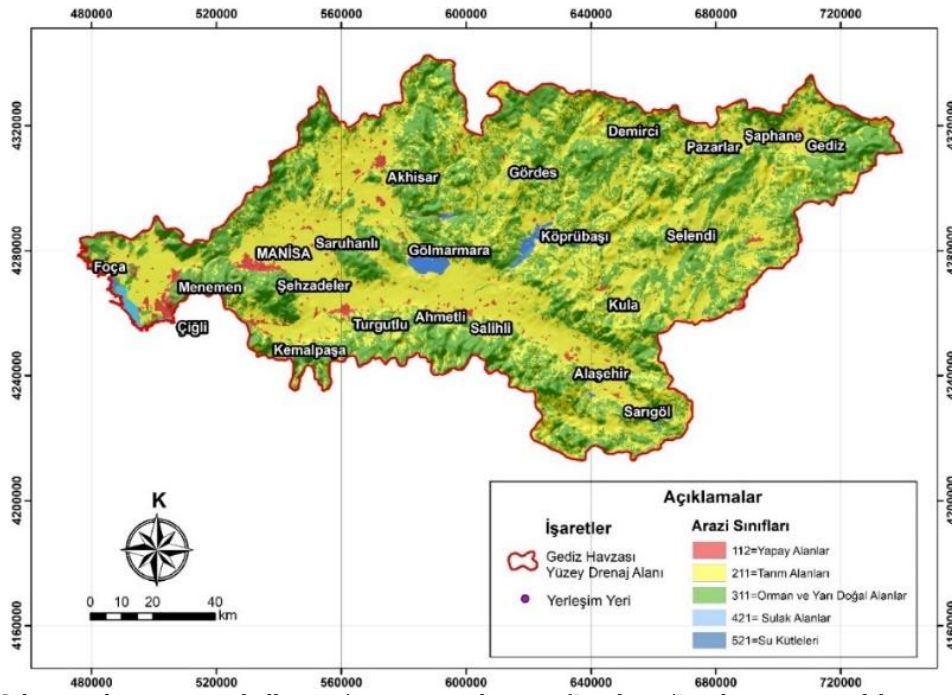
Şekil 5. Çalışma sahasının yağış dağılım haritası (The rainfall distribution map of the research area)

Tablo 6. Yağış katmanı için yapılan analize ait bulgular (Findings of the analysis for the rainfall layer)

YAĞIŞ (MM/YIL)	AHY AĞIRLIK DEĞERİ	ALAN (KM ²)	ORAN(%)
680-710	0.036	905.3	5.34
720-740	0.076	2803.3	16.52
750-770	0.158	7018.1	41.36
780-800	0.306	4940.2	29.11
810-840	0.423	1302.5	7.68
CR: 0.048, CI:0.055, λ max:5.22, RI: 1.12			

4.4. Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü (Land Use/Land Cover)

Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü herhangi bir havzanın akış, sızma ve yer altı suyu potansiyelinin değerlendirilmesinde önemli bir role sahiptir (Shekhar ve Pandey, 2015). Ayrıca toprak nem içeriği, sızma, yer altı ve yüzey su kütleleri hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır (Kumar vd., 2014). Özellikle belirli bir alandaki bitki örtüsü miktarı yüzeysel akışa geçen su miktarını doğrudan etkilemektedir (Saranya ve Saravanan, 2020). Çalışma alanında Avrupa Çevre Ajansı (AÇA) tarafından önerilen arazi kullanım sınıflamasına göre arazi sınıfları belirlenmiştir. Bu kapsamda CORINE 1. Seviye arazi örtüsü verilerine göre havza, beş grup altında sınıflandırılmıştır (Şekil 6). Çalışma alanında su kütleleri, tarım alanları ile orman ve yarı doğal alanlar (geniş yapraklı, iğne yapraklı, karışık ormanlar, doğal çayırliklar, fundalıklar, makiler, seyrek bitki alanları, sahiller) yüksek yer altı suyu potansiyeline sahip alanlar olarak değerlendirilirken, yapay alanlar (şehir yapıları, endüstri, ticaret ve ulaşım birimleri, maden çıkarım sahaları, evsel, endüstriyel ve madeni atıkların boşaltım sahaları, inşaat sahaları ile spor ve eğlence alanları) olarak tanımlanan bölgeler yer altı suyu potansiyeli düşük alanlar olarak analiz edilmiştir (Tablo 7). Çalışma alanının arazi örtüsü/arazi kullanım verileri Avrupa Çevre Ajansı'nın 2018 yılına ait 1/100.000 ölçekli vektör veri setinden oluşan CORINE veri tabanından temin edilmiştir (Copernicus, 2025).



Şekil 6. Çalışma sahasının arazi kullanımı/arazi örtüsü haritası (Land use/Land cover map of the research area)

Tablo 7. Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü katmanı için yapılan analize ait bulgular
(Findings of the analysis for the Land Use/Land Cover layer)

1.SEVİYE ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ SINIFLARI	AHY AĞIRLIK DEĞERİ	ALAN (KM ²)	ORAN (%)
Yapay Alanlar (1 Kodlu)	0.034	369.2	2.17
Tarımsal Alanlar (2 Kodlu)	0.153	8917.4	52.52
Orman ve Yarı Doğal Alanlar (3 Kodlu)	0.119	7500.4	44.17
Sulak Alanlar (4 Kodlu)	0.291	50.9	0.30
Su Kütleleri (5 Kodlu)	0.403	142.2	0.84
CR: 0.049, CI:0.055, λ max:5.22, RI: 1.12			

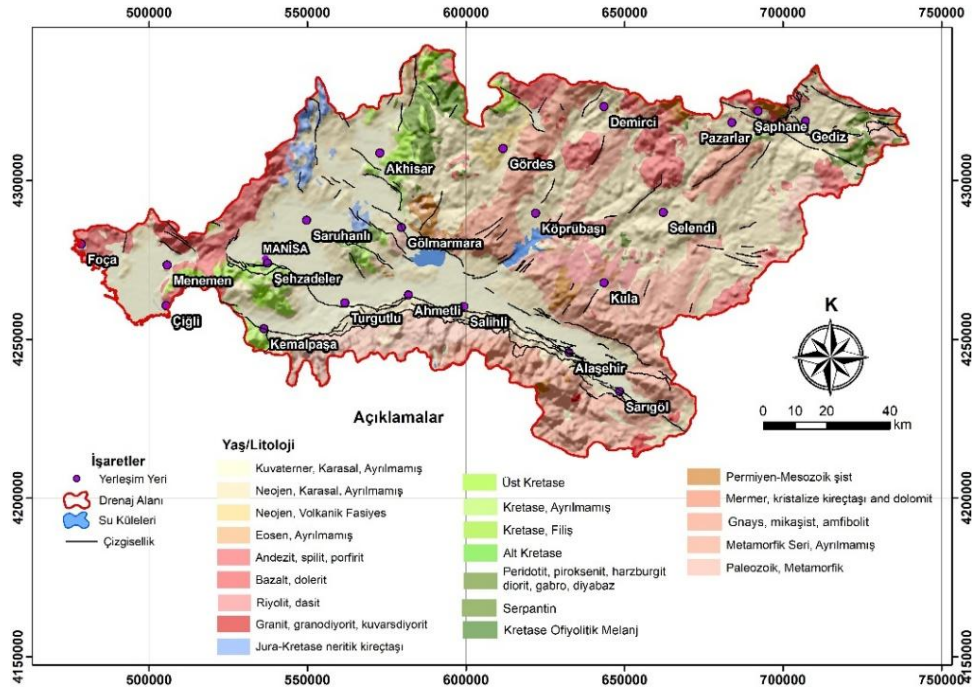
4.5. Jeoloji/Geçirimsizlik (Geology/Permeability)

Herhangi bir bölgede yer altı suyunun akışı, depolanması ve iletilmesinde birimlerin litolojik özellikleri önemli bir rol oynamaktadır. Çalışma alanındaki jeolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri, yer altı suyunun depolama kapasitesini ve akışını etkileyen önemli faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Mohammadi-Behzad vd., 2019). Farklı litolojilerden oluşmuş jeolojik birimlerin varlığı ve bunların birbirleri ile etkileşimi, alanın toplam sızma kapasitesini ve bölgenin potansiyel yer altı suyu kapasitesini belirlemektedir (Murmur vd., 2019). Bu kapsamda çalışma alanında yüzeyleyen jeolojik birimler belirlenmiştir. Buna göre MTA tarafından üretilen jeoloji verisinin ArcGIS 10.8 yazılımına aktarılması ile çalışma alanına ait jeoloji katmanı analize hazır hale getirilmiştir.

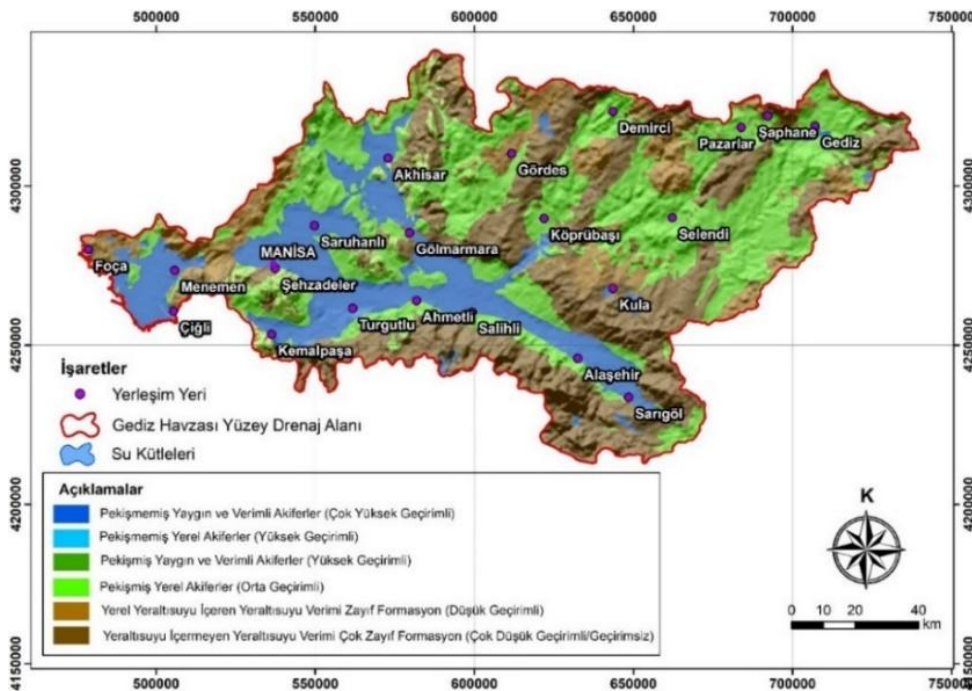
Çalışma alanı olarak seçilen Gediz Nehri Havzası, Batı Anadolu Genişleme Bölgesinde yer almaktadır. Havza sınırları içerisinde paleotektonik ve neotektonik döneme ait çeşitli jeolojik birimler yer almaktadır. Paleozoyik yaşlı Menderes Metamorfitleri'ne ait kayalar çalışma alanının temelini oluşturmaktadır (SYGM, 2018). Havzada Menderes Metamorfiti kayalarına bağlı eş yaşlı sayılabilecek granit yüzlekleri yer almaktadır. Alanda Akhisar ilçesinin kuzeydoğusunda diorit, gabro ve peridotit birimleri yer almaktadır. Havzanın batısındaki Menemen Ovası'nda yükseltinin arttığı bölgeler ile İzmir ilinin Foça ilçesinde andezit, bazalt ve yer yer büyük bloklar halinde serpantinler görülmektedir. İzmir-Ankara Zonu ile temsil olan ofiyolitik melanj ve filiş kaya birimleri temel kaya olan Menderes Metamorfitleri üzerine bindirme fayları ile gelmektedir. Bu birimlerin üzerine uyumsuzlukla Neojen yaşlı magmatik kayalar ile sedimanter çökeller gelmektedir (SYGM, 2019a). Neojen yaşlı sedimanter çökeller çalışma alanı sınırları içinde fay kontrollü karasal ve gölsel istifler ile karakterize olmakta ve bu istifler havza genelinde faylar tarafından parçalanmış bir halde yer almaktadır. Karasal kökenli Neojen serilerin ovalık alanlarda yüzeyleyen kesimlerinde kalınlık ve geçirimsizlik açısından değişiklikler görülmektedir (SYGM, 2019a). Havza içerisindeki temel kaya birimleri ve Neojen yaşlı seri, Kuvaterner yaşlı alüvyon birimleri ile Kuvaterner yaşlı bazalt kayalar tarafından aşıl uyumsuzlukla örtülmektedir (SYGM, 2019a)(Şekil 7).

Havza içerisinde yüzeyleyen jeolojik birimlerin yer altı suyu taşıma ve iletebilme kapasitelerini gösteren hidrojeoloji haritası oluşturulmuştur (Şekil 8). Yapılan analizde çok yüksek geçirimsizliğe sahip jeolojik birimlerin

yer aldığı alanlar yer altı suyu potansiyeli yüksek bölgeler olarak haritalanırken, çok düşük geçirimsizliğe sahip jeolojik birimlerin yer aldığı bölgeler ise yer altı suyu potansiyeli düşük alanlar olarak haritalanmıştır. Havzada Kuvaterner yaşlı pekişmemiş sedimanlardan oluşan alüvyon ve yamaç molozu birimleri yaygın ve verimli yer altı suyu akiferi olan çok yüksek geçirimli birimler olarak haritalanmıştır. Paleozoyik yaşlı Menderes Metamorfikleri'ne ait kristalen mermer seviyeler alandaki yoğun tektonik hareketlerin etkisi ile çok yoğun kırık çatlak sistemlerinden oluşan bir yapı kazanmış ve karstlaşmış olmaları nedeniyle akifer özelliği taşıyan yüksek geçirimli birimler olarak tanımlanmıştır. Mesozoyik yaşlı kristalize kireçtaşı, dolomit seviyeler ile Neojen yaşlı kırıntılı karasal ayrılmamış birimlerin killi kireçtaşı seviyeleri orta geçirimli akifer birimler olarak, Neojen yaşlı volkanik kayalar ile bazalt, andezit, riolit, dasit gibi kayalar ise çatlaklı olmaları durumunda yer altı suyu verimi zayıf, düşük geçirimli birimler olarak haritalanmıştır. Paleozoyik metamorfik birimlere ait şist kuvarsit seviyeler ile filiş, ofiyolitik melanj, peridotit, serpantin, amfibolit gibi litolojiler ise yer altı suyu bulundurmeyen geçirimsiz birimler olarak haritalanmış ve yapılan analizde en düşük puana sahip sınıfta değerlendirilmiştir (Şekil 8, Tablo 8).



Şekil 7. Çalışma sahasının jeoloji haritası (MTA, 1961 1:500.000 ölçekli)
(Geology map of the research area) (MTA, 1961 1:500.000 scale)



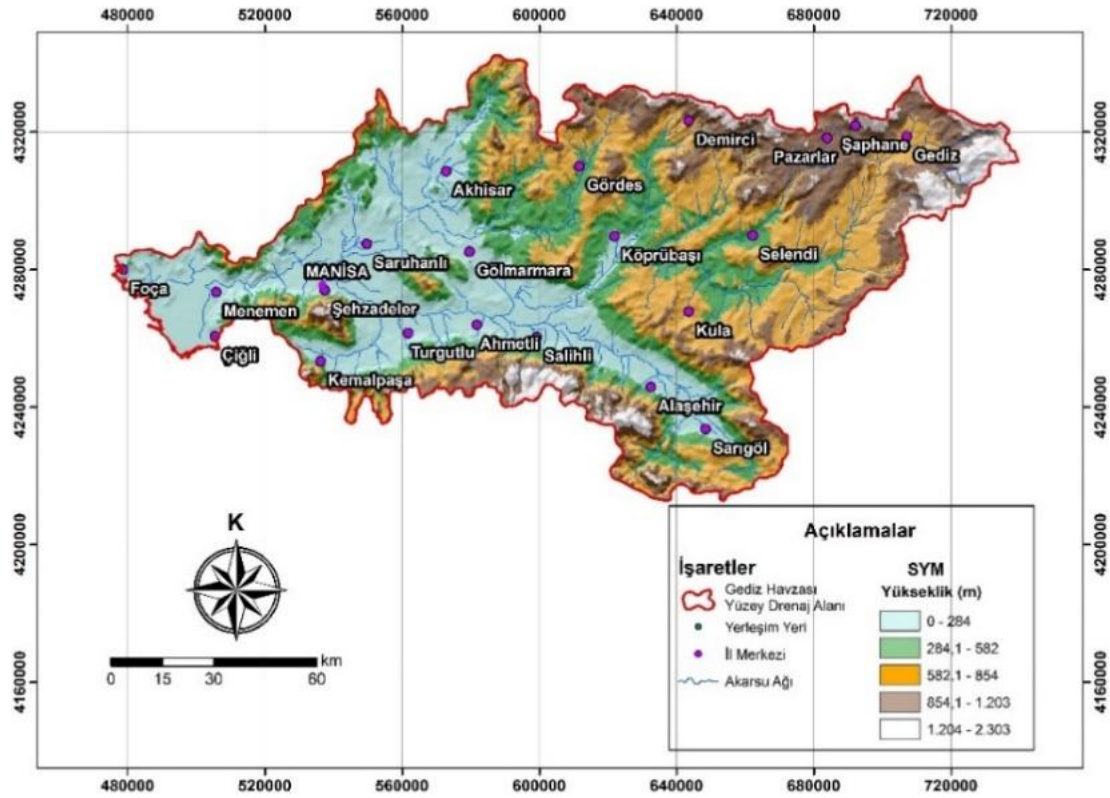
Şekil 8. Çalışma sahasının geçirimsizlik haritası (Permeability map of the research area)

Tablo 8. Jeoloji katmanı için yapılan analize ait bulgular (Findings of the analysis for the geology layer)

GEÇİRİMLİLİK	AHY AĞIRLIK DEĞERİ	ALAN (KM ²)	ORAN (%)
Çok Düşük Geçirimli	0.035	5860.2	34.55
Düşük Geçirimli	0.068	2042.8	12.04
Orta Geçirimli	0.134	6108	36.01
Yüksek Geçirimli	0.260	6.70	0.04
Çok Yüksek Geçirimli	0.503	2942.8	17.35
CR: 0.083, CI:0.093, λ max:5.37, RI: 1.12			

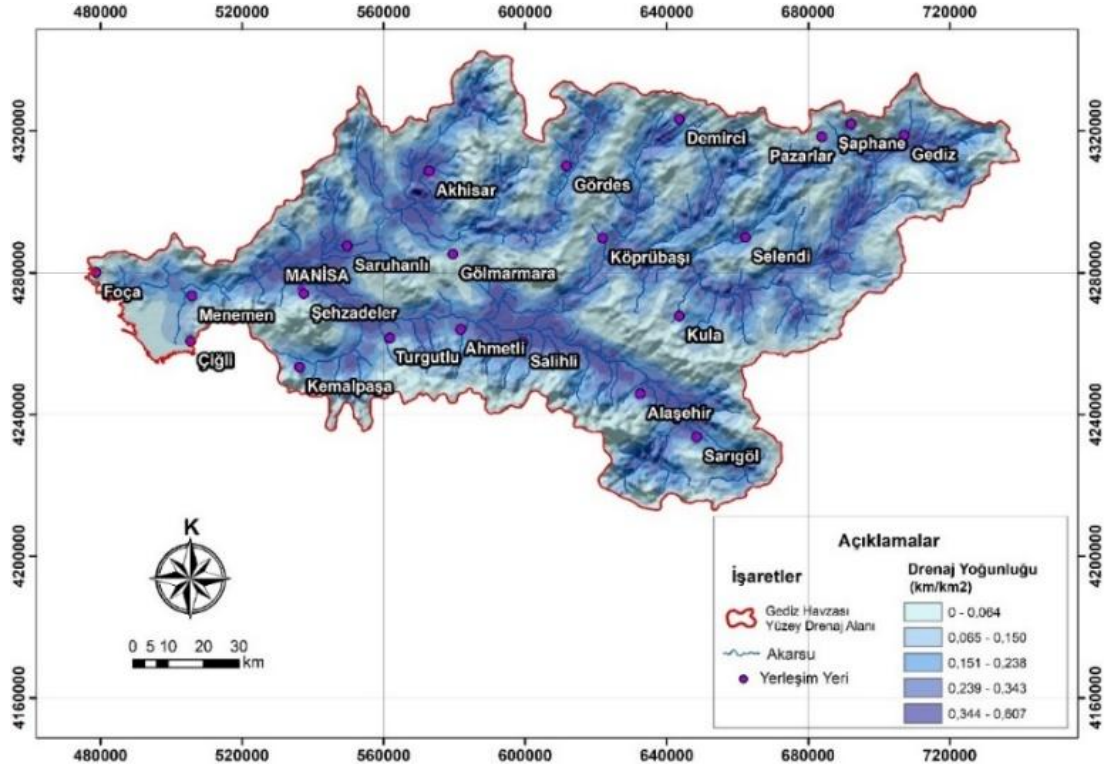
4.6. Yükselti (Elevation)

Yükselti parametresi potansiyel yer altı suyu bölgelerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Sunulan çalışmada yükselti sınıflarını oluşturmak amacıyla araştırma alanı için 30 m çözünürlüğe sahip Shuttle Radar Topografya Misiyonu (SRTM) Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verileri kullanılmıştır. Çalışma alanında potansiyel yer altı suyu bölgelerinin belirlenmesinde, düşük yükseltiye sahip bölgelere yüksek puanlar verilirken bu alanlar yüksek yer altı suyu potansiyeline sahip bölgeler olarak tanımlanmıştır. Orta ve yüksek rakımlı alanlara ise görece daha düşük puanlar verilmiştir. Bu ağırlıklandırma yaklaşımı, yükseltinin değişim gösterdiği alanlarda yer altı suyu potansiyelinin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Buna göre çalışma alanı içerisindeki yükselti değişimlerinin belirlenmesi amacıyla SYM aralıkları çok düşük (0-284 m), düşük (284.1-582 m), orta (582.1-854 m), yüksek (854.1-1.203 m) ve çok yüksek (1.204 - 2.303 m) olmak üzere beş sınıfa ayrılmıştır (Şekil 9). Çalışma alanında en düşük yükseltiye sahip kesimler %28.73'lük oranla havzanın ovalık kesimlerine karşılık gelmekte olup yüksek yer altı suyu potansiyeline sahip alanlar olarak tanımlanmıştır (Tablo 9).

**Şekil 9.** Çalışma sahasının yükselti haritası (Elevation map of the research area)**Tablo 9.** Yükselti katmanı için yapılan analize ait bulgular (Findings of the analysis for the elevation layer)

YÜKSELTİ (M)	AHY AĞIRLIK DEĞERİ	ALAN (KM ²)	ORAN (%)
0-284	0.503	4865.2	28.73
284.1-582	0.260	3540.3	20.91
582.1-854	0.134	4627.6	27.33
854.1-1.203	0.068	3035.9	17.93
1.204-2.303	0.035	864.3	5.10
CR: 0.083, CI:0.093, λ max:5.37, RI: 1.12			

analizi yapılmış ve havza drenaj ağı oluşturulmuştur. Sonrasında ArcGIS yazılımının line density modülü kullanılarak çalışma alanının drenaj yoğunluğu haritası oluşturulmuştur. Çalışma alanındaki drenaj yoğunluğu km^2 başına 0.06 km ile 0.60 km arasında değişmektedir. Buna göre drenaj yoğunluğunun düşük olduğu yerler yüksek yer altı suyu potansiyeli ile temsil edilirken drenaj yoğunluğunun yüksek olduğu yerler ise yer altı suyu potansiyelinin düşük olduğu alanlar olarak tanımlanmıştır (Şekil 11 ve Tablo 11).



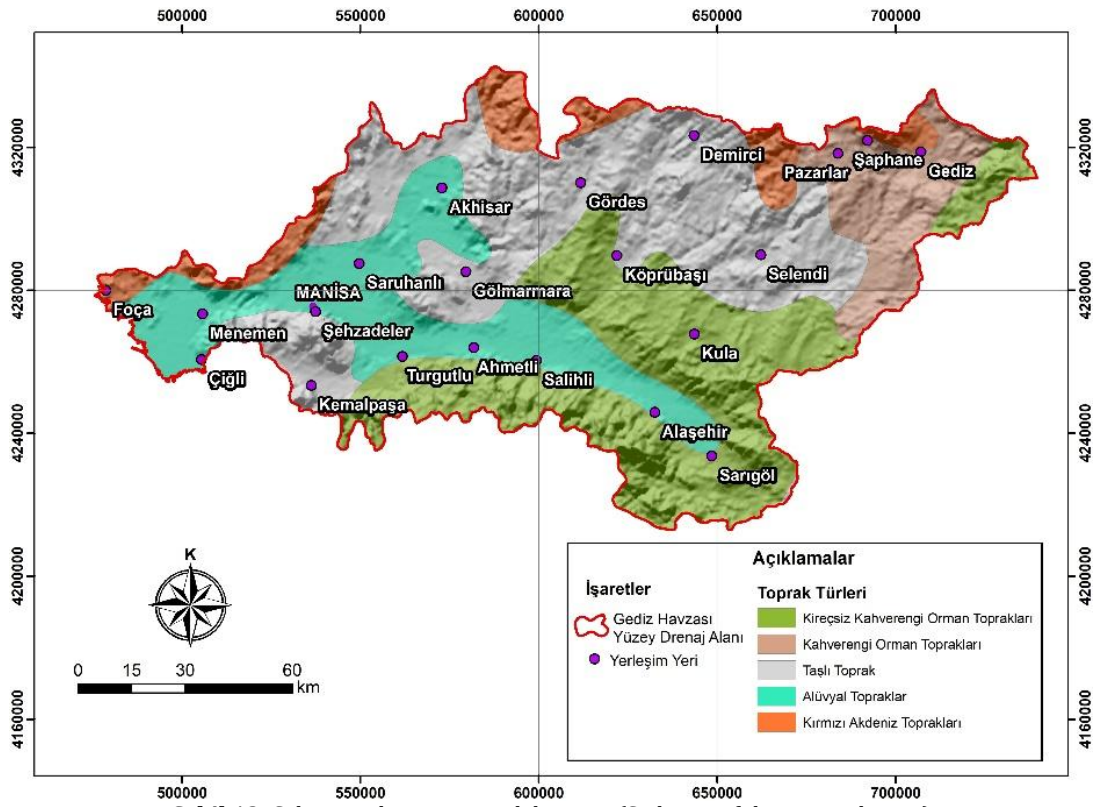
Şekil 11. Çalışma sahasının drenaj yoğunluk haritası (Drainage density map of the research area)

Tablo 11. Drenaj yoğunluk katmanı için yapılan analize ait bulgular (Findings of the analysis for the drainage density layer)

DRENAJ YOĞUNLUĞU (KM/KM ²)	AHY AĞIRLIK DEĞERİ	ALAN (KM ²)	ORAN (%)
0-0.064	0.503	4811.1	28.41
0.065-0.150	0.260	4015.4	23.71
0.151-0.238	0.134	3784.1	22.35
0.239-0.343	0.068	3005.1	17.75
0.344-0.607	0.035	1317.5	7.78
CR: 0.083, CI:0.093, λ max:5.37, RI: 1.12			

4.9. Toprak (Soil)

Toprak türü ve dokusu, yüzey akışını ve yağışın yer altına sızmasını kontrol eden diğer önemli faktörlerdendir. Toprağın tipi, kalınlığı, dokusu ve bileşimi sızma özelliklerini ve dolayısıyla yer altı suyu beslenmesini doğrudan etkilemektedir (Nampak vd., 2014). Bu durum toprak parametresini yer altı suyu potansiyel bölgelerinin değerlendirilmesinde önemli bir kriter haline getirmektedir. Gediz Nehri Havzası'nda FAO/UNESCO toprak sınıflamasına göre Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları, Alüvyal Topraklar, Kahverengi Orman Toprakları, Kırmızı Akdeniz Toprakları ve Taşlı Topraklar yer almaktadır (FAO, 2025) (Şekil 12). Buna göre çalışma alanında Alüvyal Toprakların (3330.8 km^2) olduğu alanlar yüksek yer altı suyu potansiyeli ile temsil olurken; Taşlı Toprakların (5705.5 km^2) yer aldığı bölgeler yer altı suyu potansiyelinin düşük olduğu alanlar olarak tanımlanmıştır (Tablo 12).



Şekil 12. Çalışma sahasının toprak haritası (Soil map of the research area)

Tablo 12. Toprak katmanı için yapılan analize ait bulgular (Findings of the analysis for the soil layer)

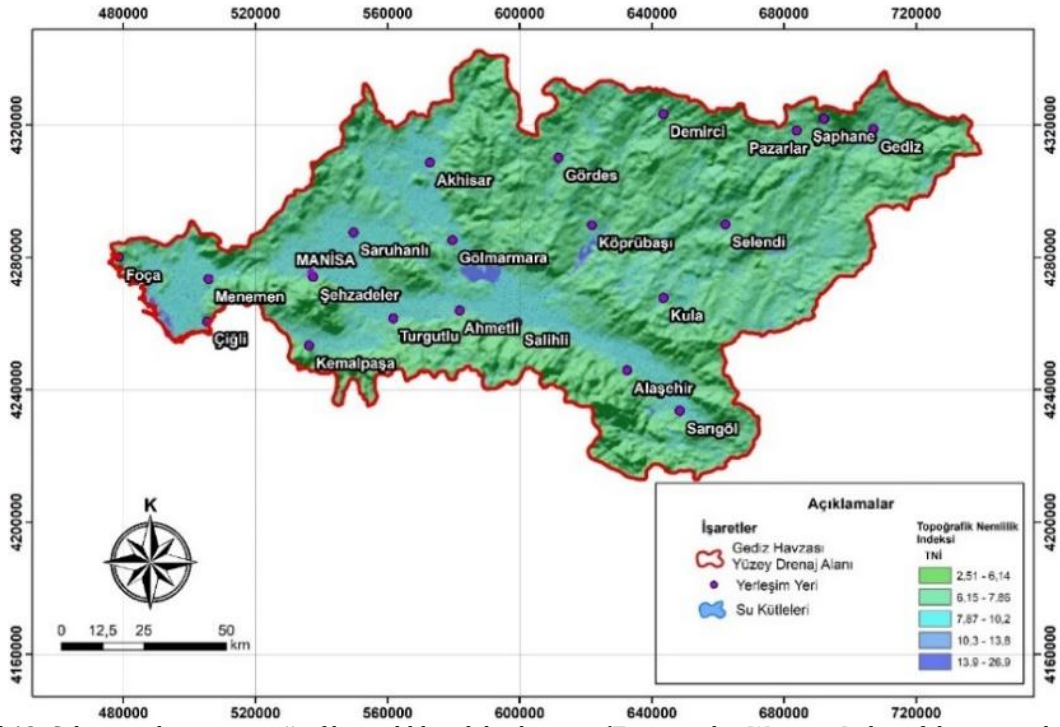
TOPRAK TÜRLERİ	AHY AĞIRLIK DEĞERİ	ALAN (KM ²)	ORAN (%)
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları	0.110	5168.1	30.44
Kahverengi Orman Toprakları	0.174	1563.9	9.21
Taşlı Topraklar	0.045	5705.5	33.61
Alüvyal Toprak	0.406	3330.8	19.62
Kırmızı Akdeniz Toprakları	0.264	1209.9	7.13
CR: 0.032, CI:0.036, λ max:5.14, RI: 1.12			

4.10. Topografik Nemlilik İndeksi (Topographic Wetness Indeks)

Topografik Nemlilik İndeksi (TNİ) genellikle hidrolojik süreçler üzerinde topografyanın etkilerinden kaynaklanan yer altı suyu sızmasını yansıtan bir parametre olup topoğrafik olarak suya doymun alanların lokasyonlarını ve boyutlarını ifade eden bir parametredir (Murmur vd., 2019). Moore vd. (1991) tarafından önerilen TNİ aşağıdaki eşitlikten hesaplanmaktadır (Eşitlik 7). Eşitlik 7'ye göre A_s parametresi özgül havza alanı ile temsil olurken, $\tan\beta$ ise yamaç eğimi ile temsil olmaktadır.

$$TNİ = \frac{A_s}{\tan\beta} \quad (7)$$

Çalışma alanının TNİ değeri 2.51 ile 26.9 arasında değişmektedir. Bu kapsamda havzada yüksek TNİ sahip alanlara yüksek ağırlık değerleri verilmiş olup, bu bölgeler diğer bölgelere göre daha yüksek yer altı suyu potansiyeline sahip alanlar olarak tanımlanmıştır (Tablo 13). Orta ve düşük TNİ değerine sahip alanlara ise görece daha düşük ağırlıklar verilmiştir. Gediz Nehri Havzası'nın TNİ haritası Şekil 13'te sunulmuştur.



Şekil 13. Çalışma sahasının topoğrafik nemlilik indeksi haritası (Topographic Wetness Index of the research area)

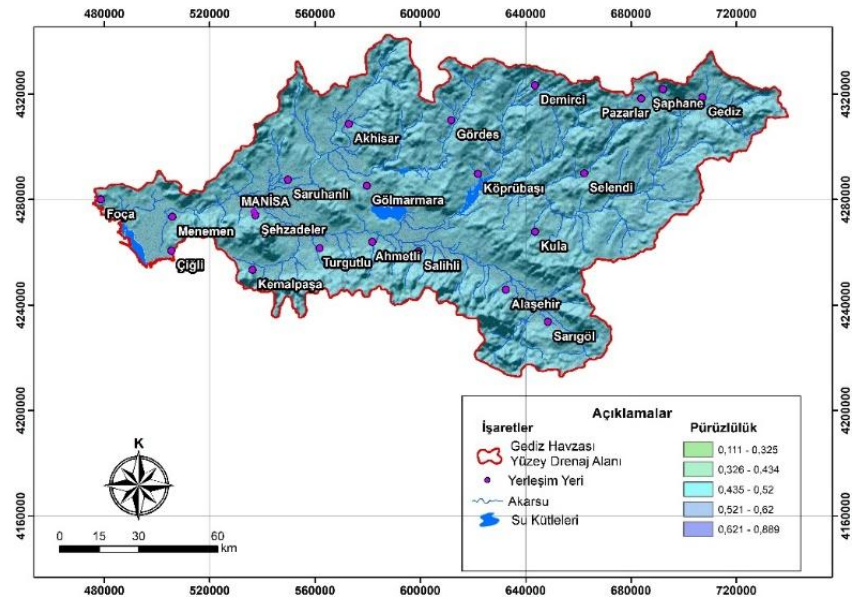
Tablo 13. Topoğrafik nemlilik indeksi katmanı için yapılan analize ait bulgular
(Findings of the analysis for the topographic wetness index layer)

TNİ	AHY AĞIRLIK DEĞERİ	ALAN (km ²)	ORAN (%)
2.51-6.14	0.035	6337.7	37.41
6.15-7.86	0.068	6080.9	35.90
7.87-10.2	0.134	2892.4	17.07
10.3-13.8	0.260	1213.2	7.16
13.9-26.9	0.503	416.1	2.46
CR: 0.083, CI:0.093, RI: 1.12, λ max:5.37			

4.11. Pürüzlülük (Roughness)

Pürüzlülük sayısal yükseklik modelinin bitişik hücreleri arasındaki yükseklik farkını ifade etmekte olup topografyanın dalgalanması ile temsil olmaktadır (Verma ve Patel, 2021). Yüksek pürüzlülük değerlerinde yüzeysel akışa geçen su miktarı fazla iken düşük pürüzlülük değerlerinde yüzeysel akışa geçen su miktarı azalarak yer altına süzülür (Mohammadi-Behzad vd., 2019). ArcGIS 10.8 yazılımının Focal Statistics komutu ile Gediz Nehri Havzası'nın pürüzlülük haritası oluşturulmuştur (Şekil 14). Çalışma alanının pürüzlülük değerleri Eşitlik 8'e göre hesaplanmış olup havza içerisinde bu değerler 0.111 ile 0.889 arasında değişmektedir (Şekil 14). Potansiyel yer altı suyu bölgelerinin belirlenmesinde, düşük pürüzlülük değerine sahip alanlara daha yüksek ağırlık puanı verilmiş olup bu bölgeler daha yüksek yer altı suyu potansiyeline sahip alanlar olarak tanımlanmıştır. Orta ve yüksek pürüzlülük değerine sahip olan bölgeler ise daha düşük yer altı suyu potansiyeline sahip alanlar olarak tanımlanmış ve bu alanlara görece daha düşük ağırlıklar atanmıştır (Tablo 14).

$$\text{Pürüzlülük} = \frac{FS_{\text{ort}} - FS_{\text{min}}}{FS_{\text{mak}} - FS_{\text{min}}} \quad (8)$$



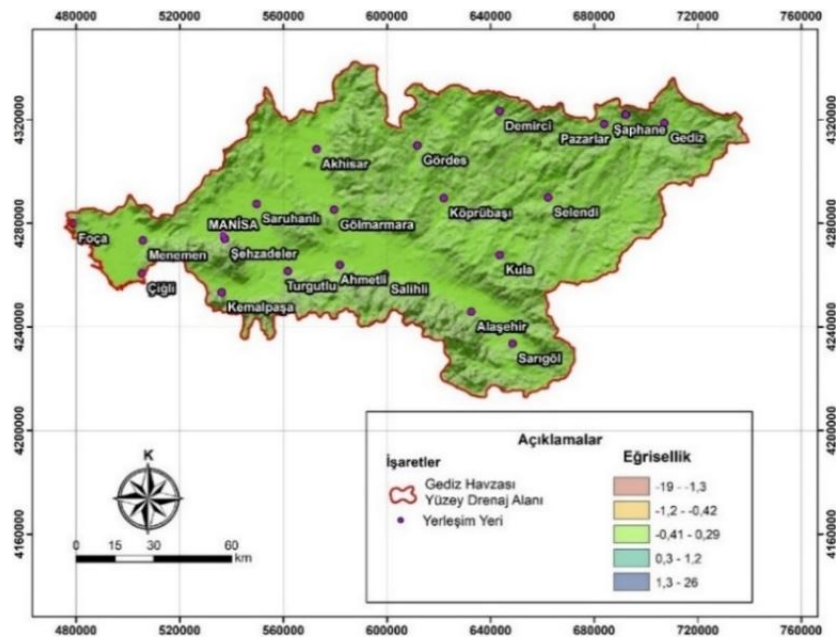
Şekil 14. Çalışma sahasının pürüzlülük haritası (Roughness map of the research area)

Tablo 14. Pürüzlülük katmanı için yapılan analize ait bulgular (Findings of the analysis for the roughness layer)

PÜRÜZLÜLÜK	AHY AĞIRLIK DEĞERİ	ALAN (KM ²)	ORAN (%)
0.111-0.325	0.503	226.6	1.35
0.326-0.434	0.260	3150.7	18.74
0.435-0.520	0.134	10297.1	61.24
0.521-0.620	0.068	2933.0	17.44
0.621-0.889	0.035	208.2	1.24
CR: 0.083, CI:0.093, λ max:5.37, RI: 1.12			

4.12.Eğrisellik (Curvature)

Eğrisellik, yüzey profili ile tanımlanan bir parametredir. Bir havzada yer altı suyu yüzey profiline göre sırasıyla dışbükey ve içbükey profillerde yavaşlama ve birikme eğilimindedir (Uc Castillo vd., 2022). ArcGIS 10.8 yazılımının eğrisellik komutu ile havzanın eğrisellik haritası oluşturulmuştur. Çalışma alanında eğrisellik değerleri -19 ile 26 arasında değişmektedir (Şekil 15). Havzada potansiyel yer altı suyu içeren bölgeler belirlenirken, yüksek eğriselliğe sahip, suyun birikme eğiliminde olduğu içbükey alanlara yüksek ağırlık değeri verilmiş olup bu bölgeler yüksek yer altı suyu potansiyeline sahip alanlar olarak tanımlanmıştır. Orta ve düşük eğrisellik değerine sahip olan alanlar ise dış bükey profili temsil eden bölgeler olup görece daha düşük ağırlık değerleri verilmiş ve bu bölgeler düşük yer altı suyu potansiyeline sahip alanlar olarak tanımlanmıştır (Tablo 15).



Şekil 15. Çalışma sahasının eğrisellik haritası (Curvature map of the research area)

Tablo 15. Eğrisellik katmanı için yapılan analize ait bulgular (Findings of the analysis for the curvature layer)

EĞRİSELLİK	AHY AĞIRLIK DEĞERİ	ALAN(KM ²)	ORAN (%)
-19- (-1.3)	0.035	705.2	4.2
-1.2-(-0.42)	0.068	2463.3	14.5
-0.41-(-0.29)	0.134	9361	55.2
0.3-1.2	0.260	3623.6	21.4
1.3-26	0.503	817.6	4.8
CR: 0.083, CI:0.093, λ max:5.37, RI: 1.12			

4.2 AHY ile Oluşturulan Matrisler, Sınıflandırmalar ve Değerlendirmeler (Matrices, Classifications and Evaluations Created with AHP)

Gerçekleştirilen analize dahil olan tüm kriterler korelasyon matrisi, normalize edilmiş matris ve kullanılan kriterlere ait alt sınıfların puanları ile hesaplanmış olup ağırlık yüzdesi değerleri aşağıda sırasıyla sunulmuştur (Tablo 16, Tablo 17 ve Tablo 18). Sunulan çalışma kapsamında analiz edilen kriterlerin önem derecelerine göre ağırlık yüzdesi sırasıyla jeomorfoloji, çizgisel yoğunluk, arazi kullanımı/arazi örtüsü, jeoloji, eğim, toprak, drenaj yoğunluğu, TNI, yağış, yükselti, pürüzlülük ve eğrisellik olarak belirlenmiştir. Yapılan analizlerde her bir parametre ve ilgili parametrenin alt sınıfları için CR oranı %10'un altında olup, tüm kriterler arasında yapılan analizde CR oranı %6 olarak hesaplanmıştır (Tablo 17). Tüm tematik katmanların puanlanmış raster veri halleri Şekil 16'da sunulmuştur.

Tablo 16. Potansiyel Yer Altı Suyu Bölgelerinin Belirlenmesi Amacıyla Oluşturulmuş Karşılaştırma Matrisi (Comparison Matrix Created to Identify Potential Groundwater Zones)

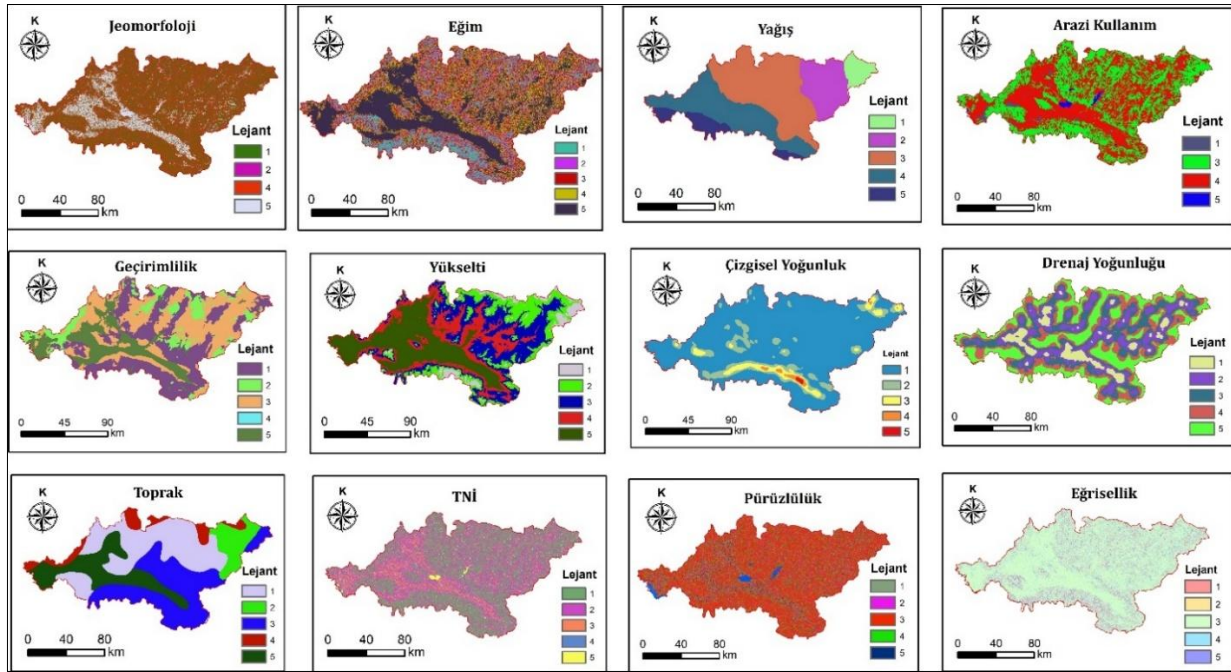
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Jeomorfoloji (1)	1	2	2	3	3	3	2	3	2	3	3	3
Çizgisel Yoğunluk (2)	0.50	1	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3
Arazi Kullanımı (3)	0.50	0.50	1	3	2	3	3	3	3	3	3	3
Jeoloji (4)	0.33	0.50	0.33	1	2	3	2	3	3	2	3	3
Eğim (5)	0.33	0.33	0.50	0.50	1	3	3	2	2	3	3	3
Toprak (6)	0.33	0.50	0.33	0.33	0.33	1	2	2	2	2	2	3
Drenaj Yoğunluğu (7)	0.50	0.50	0.33	0.50	0.33	0.50	1	3	2	2	2	2
Yağış (8)	0.33	0.33	0.33	0.33	0.50	0.50	0.50	1	2	2	2	2
TNİ (9)	0.50	0.33	0.33	0.33	0.50	0.50	0.50	0.50	1	3	3	3
Yükselti (10)	0.33	0.33	0.33	0.50	0.33	0.50	0.50	0.50	0.33	1	2	2
Pürüzlülük (11)	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.50	0.50	0.50	0.33	0.50	1	2
Eğrisellik (12)	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.50	0.50	0.50	0.33	0.50	0.50	1
Sütun Toplam	5.31	6.98	8.14	12.15	13.65	18.00	17.50	22.00	21.00	25.00	27.50	30.00

Tablo 17. Normalize Edilmiş Karşılaştırma Matrisi (Normalized Comparison Matrix)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Jeomorfoloji (1)	0.19	0.29	0.25	0.25	0.22	0.17	0.11	0.14	0.10	0.12	0.11	0.10
Çizgisel Yoğunluk (2)	0.09	0.14	0.25	0.16	0.22	0.11	0.11	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10
Arazi Kullanımı (3)	0.09	0.07	0.12	0.25	0.15	0.17	0.17	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10
Jeoloji (4)	0.06	0.07	0.04	0.08	0.15	0.17	0.11	0.14	0.14	0.08	0.11	0.10
Eğim (5)	0.06	0.05	0.06	0.04	0.07	0.17	0.17	0.09	0.10	0.12	0.11	0.10
Toprak (6)	0.06	0.07	0.04	0.03	0.02	0.06	0.11	0.09	0.10	0.08	0.07	0.10
Drenaj Yoğunluğu (7)	0.09	0.07	0.04	0.04	0.02	0.03	0.06	0.14	0.10	0.08	0.07	0.07
Yağış (8)	0.06	0.05	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.05	0.10	0.08	0.07	0.07
TNİ (9)	0.09	0.05	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.05	0.12	0.11	0.10
Yükselti (10)	0.06	0.05	0.04	0.04	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.07	0.07
Pürüzlülük (11)	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	0.07
Eğrisellik (12)	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
Toplam	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CR: 0.069, CI:0.107, λ max:13.18, RI: 1.54												

Tablo 18. Analiz edilen parametrelerin önem sıralamalarına göre puanları ve hesaplanmış ağırlık yüzdeleri
(Scores and calculated weight percentages of the analyzed parameters according to their importance rankings)

Katman	Sınıflar	Puan (5:En Yüksek 1:En Düşük)	AHY Ağırlık Yüzdesi (%)
Jeomorfoloji	Vadiler	4	17.0
	Düz Alanlar	5	
	Yamaç, Sırtlar	2	
	Tepelik Alanlar	1	
Eğim (°)	0-5	5	9.6
	5-10	4	
	10-15	3	
	15-20	2	
	20-73	1	
Yükselti (m)	0-284	5	4.1
	284-582	4	
	582-854	3	
	854-1203	2	
	1203-2303	1	
Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü	Yapay Alanlar	1	13.6
	Tarım Alanları	3	
	Orman Alanları ve Yarı Doğal Alanlar	3	
	Sulak Alanlar	4	
	Su Kütleleri	5	
Çizgisel Yoğunluk (km/km ²)	0.0-0.17	1	14.2
	0.18-0.35	2	
	0.36-0.52	3	
	0.53-0.70	4	
	0.71-0.87	5	
Drenaj Yoğunluğu (km/km ²)	0.0-0.06	5	6.4
	0.07-0.1	4	
	0.1-0.2	3	
	0.2-0.3	2	
	0.3-0.4	1	
Topoğrafik Nemlilik İndeksi	2.51-6.14	1	5.9
	6.15-7.86	2	
	7.86-10.2	3	
	10.2-13.8	4	
	13.8-26.9	5	
Eğrisellik	-19- (-1.3)	1	3.1
	-1.2-(-0.42)	2	
	-0.42-(-0.29)	3	
	-0.29-1.2	4	
	1.2-26	5	
Pürüzlülük	0.111-0.325	5	3.5
	0.326-0.434	4	
	0.435-0.520	3	
	0.521-0.620	2	
	0.621-0.889	1	
Yağış (mm/yıl)	680-710	1	5.3
	720-740	2	
	750-770	3	
	780-800	4	
	810-840	5	
Toprak	Alüvyal Topraklar	5	6.7
	Kahverengi Orman Toprakları	3	
	Kırmızı Akdeniz Toprakları	4	
	Taşlı Topraklar	1	
	Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları	3	
Jeoloji/Geçirimlilik	Çok Yüksek Geçirimli Birimler	5	10.5
	Geçirimli Birimler	4	
	Orta Geçirimli Birimler	3	
	Düşük Geçirimli Birimler	2	
	Çok Düşük Geçirimli Birimler	1	



Şekil 16. Çalışmada kullanılan parametrelerin puanlamalarına göre oluşturulmuş tematik katmanlar
(Thematic layers created according to the scores of the parameters used in the research)

4.3 Belirlenen Potansiyel Yer Altı Suyu Bölgelerinin Değerlendirilmesi (Evaluation of Identified Potential Groundwater Zones)

Gediz Nehri Havzası için CBS ortamında çizgisel yoğunluk, drenaj yoğunluğu, eğim, yükselti, arazi kullanımı/arazi örtüsü, toprak, jeomorfoloji, yağış, pürüzlülük, eğrisellik, topoğrafik nemlilik indeksi ve jeoloji olmak üzere çeşitli parametreler kullanılarak AHY yardımıyla potansiyel yer altı suyu bölgeleri haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan tematik haritada 5 farklı sınıf altında yer altı suyu potansiyeline sahip bölgeler sınıflandırılmıştır.

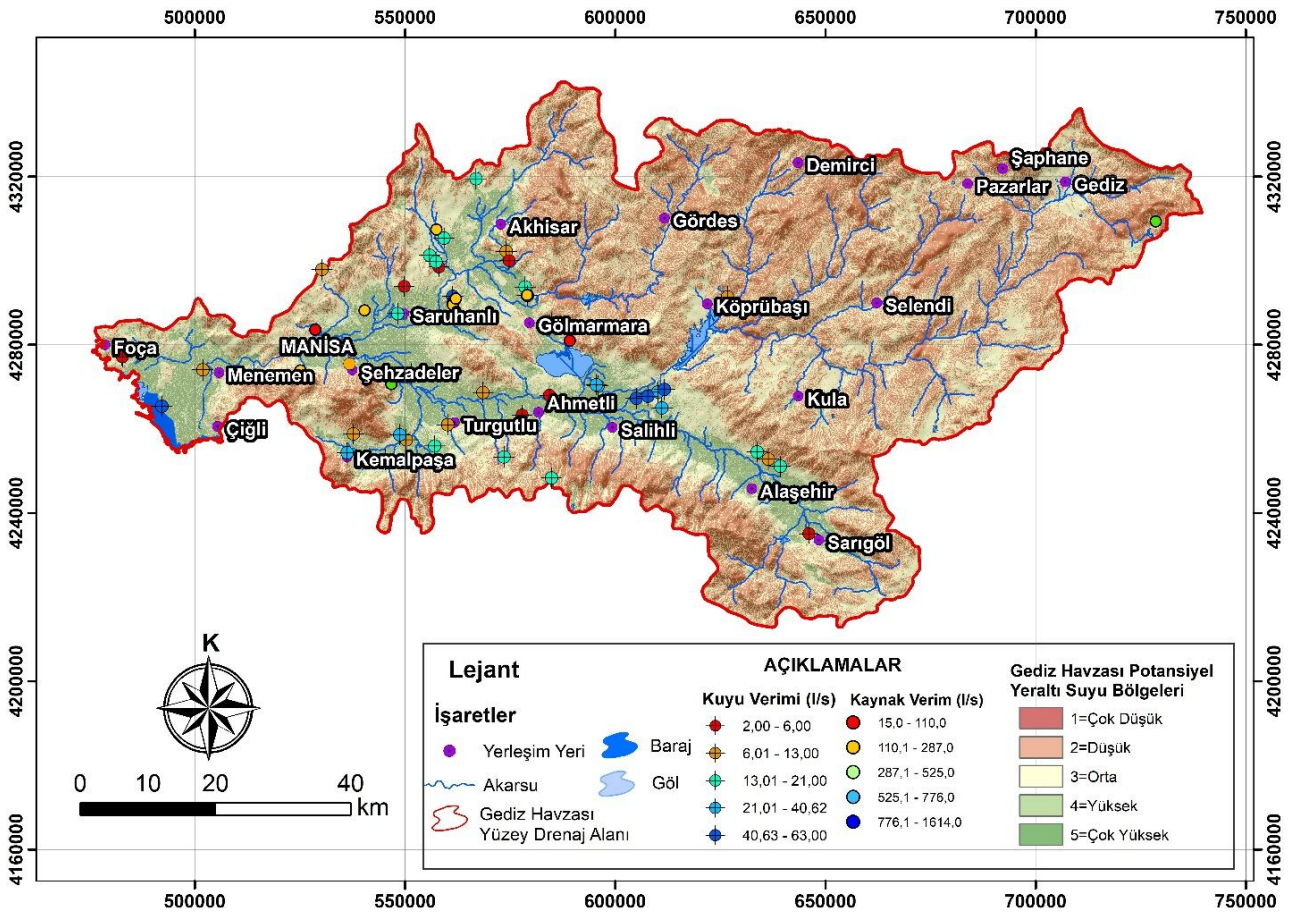
Bu sınıflamaya göre çalışma alanında 1. sınıf olarak yer altı suyu potansiyeli çok zayıf alanlar 0.03 km² alan kaplamakta ve bu oran havzanın doğusunda çok sınırlı bir bölüm ile temsil olmaktadır. Çok düşük yer altı suyu potansiyeline sahip bu alanlar eğim miktarının çok yüksek, geçirimsizliğin oldukça düşük, çizgisel yoğunluğun ve topoğrafik nemlilik indeksinin çok düşük, drenaj yoğunluğunun çok yüksek, yapay alanların çok fazla yer kapladığı bölgeler olarak belirlenmiştir.

2. sınıf olarak yer altı suyu potansiyeli düşük alanlar 6059.08 km² alan kaplamaktadır. Bu alan havzanın %36.14'lük kesimini oluşturmaktadır. Havzanın doğu ve kuzey kesimlerine düşen bu alanlarda yağış miktarının yüksek olmadığı, eğim miktarı, geçirimsizlik ve drenaj yoğunluğunun yüksek, çizgisel yoğunluğun ise düşük olduğu belirlenmiştir.

3. sınıf olarak yer altı suyu potansiyeli orta alanlar 8447.65 km² alan kaplamaktadır. Bu alan havzanın %50.39'luk kesimini oluşturmaktadır. Bu alanlarda yağış miktarının görece daha yüksek olduğu, eğim miktarı, geçirimsizlik ve drenaj yoğunluğunun orta, çizgisel yoğunluğun ise orta-düşük değerlerde olduğu belirlenmiştir.

4. sınıf olarak yüksek yer altı suyu potansiyeli taşıyan alanlar çalışma alanında 2258 km² alan ile çalışma alanının %13.47'sini oluşturmaktadır. Havza genelinde bu alanlar topoğrafya olarak eğimin azaldığı, düz arazilerin yaygınlaştığı, toprak geçirimsizliğinin ve çizgiselliklerin arttığı, topoğrafik nemlilik indeksinin yüksek olduğu, drenaj yoğunluğunun azaldığı, yüksek geçirimsizliğe sahip jeolojik birimlerin yer aldığı, tarım alanlarının ve su kütlelerinin yaygınlaştığı alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 17). Havzanın merkezinde yer alan ovalık alanda yer altı suyu potansiyeli yüksek olup bu alanlar; Saruhanlı, Kemalpaşa, Şehzadeler, Gölarmara, Ahmetli, Salihli, Alaşehir, Sarıgöl, Menemen, Foça, Kula, Gediz, Şaphane ve Pazarlar yerleşim merkezlerinin olduğu kesimlerde yer almaktadır.

5. sınıf olarak çok yüksek yer altı suyu potansiyeline sahip bölgeler ise Alaşehir ile Sarıgöl yerleşim yerlerinin ortasında havzanın çok sınırlı bir bölümünü (0.03 km²) kaplamaktadır. Havza genelinde bu alanlar topoğrafya olarak eğimin oldukça azaldığı, çizgiselliklerin çok arttığı, topoğrafik nemlilik indeksinin çok yüksek olduğu, drenaj yoğunluğunun oldukça azaldığı, çok yüksek geçirimsizliğe sahip alüvyon birimlerin yer aldığı alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 17).



Şekil 17. Gediz Nehri Havzası'nın potansiyel yer altı suyu bölgeleri haritası
(Map of potential groundwater zones of the Gediz River Basin)

Tablo 19. Çalışma alanındaki potansiyel yer altı suyu bölgeleri sınıflandırması (Classification of potential groundwater zones in the research area)

POTANSİYEL YER ALTI SUYU İÇEREN BÖLGELERİN SINIFLAMASI	ALAN (KM ²)	ORAN (%)	TEMSİL OLUNAN ÖZELLİKLER
Çok Düşük	0.11	0.00	Çok yüksek eğimli topoğrafya, dağlık alanlar, çok yüksek drenaj yoğunluğu, çok düşük çizgisel yoğunluk, çok düşük TNİ, geçirimsizlik derecesi çok düşük birimler
Düşük	6059.08	36.14	Yüksek eğimli topoğrafya, tepelik alanlar, yüksek drenaj yoğunluğu, çok düşük çizgisel yoğunluk, çok düşük TNİ, geçirimsizlik derecesi düşük birimler
Orta	8447.65	50.39	Orta-Yüksek eğimli topoğrafya, yamaç sırtların olduğu alanlar, orta drenaj yoğunluğu, orta çizgisel yoğunluk, orta TNİ, geçirimsizliği düşük birimler
Yüksek	2258.00	13.47	Düşük eğimli alanlar, düşük drenaj yoğunluğu, yüksek çizgisel yoğunluk, yüksek TNİ, yüksek geçirimsizlik
Çok Yüksek	0.03	0.00	Çok düşük eğimli düz topoğrafya, ovalık alanlar, çok düşük drenaj yoğunluğu, yüksek yağış miktarı, çok yüksek çizgisel yoğunluk, çok yüksek TNİ, çok yüksek geçirimsiz alüvyon birimler

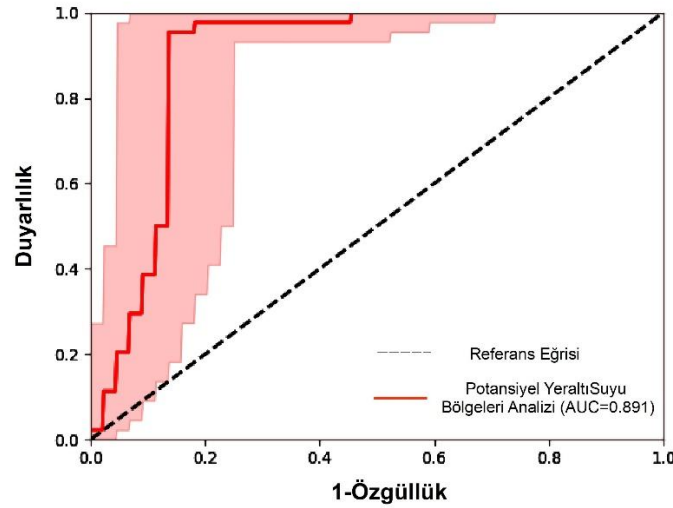
4.4 Potansiyel Yer Altı Suyu Bölgeleri Haritasının ROC Eğrisi ile Doğrulanması (Validation of Potential Groundwater Zones Map with ROC Curve)

ROC eğrisi bir parametrenin farklı kesme noktaları için gerçek pozitif değerlerin yanlış pozitif değerlere karşı oranının çizildiği grafiksel bir gösterimdir (Bradley, 1997). Bir olasılık eğrisi olan ROC eğrisi oluşturulurken Y ekseninde duyarlılık (gerçek pozitif değerler), X ekseninde ise 1-özgüllük (yanlış pozitif değerler) yer almaktadır. Eğrinin altında kalan alan bir parametrenin ikili sınıflarının ne kadar iyi ayırt edilebildiğinin bir ölçüsüdür. Oluşturulan eğri grafiğin sol üst köşesine ne kadar yakınsa model verileri kategorilere ayırmada o kadar başarılıdır (Bradley, 1997).

Çalışma alanı için oluşturulan potansiyel yer altı suyu bölge haritası havzada açılan sondaj kuyularının verimleri

ve kaynakların debileriyle doğrulanmıştır. ArcGIS ortamında AHY yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen analiz ROC (Receiver Operation Characteristic) eğrisi kullanılarak havza için üretilmiş model haritanın doğruluk değerlendirmesi yapılmış, eğri altında kalan alan (Area Under The Curve) hesaplanmıştır.

Havza için oluşturulan model haritanın doğrulama işlemi bölgede açılan 44 kuyu ve 15 kaynak noktasının debileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonucun doğruluk oranı 0.891 ile %89'dur (Şekil 18). Bu değer ROC eğrisi altında kalan alanın 0.001'den küçük bir önem değerinde olduğu, elde edilen bu sonuç gerçekleştirilen araştırmada izlenen yöntem ve tekniklerin potansiyel yer altı suyu bölgelerinin belirlenmesinde oldukça etkin ve güvenilir olduğunu göstermektedir.



Şekil 18. Model harita için üretilen ROC analiz grafiği (ROC analysis graph produced for the model map)

5. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Sunulan araştırmada Gediz Nehri Havzası'ndaki potansiyel yer altı suyu bölgelerinin AHY kullanılarak CBS teknikleri yardımıyla belirlenmesi amaçlanmıştır. AHY birden fazla parametrenin uygulanmasına izin veren, karar alma süreçlerinde karmaşık sorunların basitleştirilmesi için kullanılan bir tekniktir. Sunulan çalışmada, potansiyel yer altı suyu bölgelerini belirlemek için çizgisel yoğunluk, drenaj yoğunluğu, eğim, yükselti, arazi kullanımı/arazi örtüsü, toprak, jeomorfoloji, yağış, pürüzlülük, eğrisellik, topoğrafik nemlilik indeksi ve jeoloji olmak üzere 12 parametre kullanılmıştır. Potansiyel yer altı suyu bölgeleri değerlendirilen havza alanı her biri farklı yer altı suyu potansiyeliyle karakterize edilen beş bölgeye ayrılmıştır. Gediz Nehri Havzası özelinde AHY tekniği ile analiz edilen parametreler arasında jeomorfoloji katmanının %17'lik oranla yer altı suyu potansiyeli üzerinde en önemli faktör olduğu belirlenmiştir. Jeomorfoloji katmanını sırasıyla çizgisel yoğunluk (%14.2), arazi kullanımı/arazi örtüsü (%13.6) ve jeoloji (%10.5) katmanları takip etmektedir. AHY modeline göre, çalışma alanının potansiyel yer altı suyu bölgelerinin % 36.14'ü düşük potansiyel, % 50.39'u orta potansiyel ve %13.47'si yüksek potansiyel olarak sınıflandırılmıştır. Çok yüksek (0.03 km²) ve çok düşük yer altı suyu potansiyeline (0.11 km²) sahip olan bölgeler havzanın çok sınırlı kesimlerini oluşturmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre; havzadaki potansiyel yer altı suyu bölgeleri çalışma alanının batı ve güneyindeki ovalık alanlarda yüksek, doğu ve kuzey kesimlerinde ise düşük-orta yer altı suyu potansiyeline sahiptir.

AHY tekniğiyle havza için oluşturulan potansiyel yer altı suyu bölgeleri haritası, çalışma alanında yer altı suyu planlaması ve yönetimi için önemli bir veri tabanı görevi görmektedir. Sunulan çalışmanın bulgularının karar vericiler tarafından sürdürülebilir yer altı suyu kullanımının ve etkin yer altı suyu yönetim stratejilerinin oluşturulması ile mevcutta var olan kalkınma planlarının geliştirilmesi amacıyla kullanılabileceği düşünülmektedir. Özellikle havza genelinde hızlı nüfus artışının temiz suya erişim talebi ile paralel artışı, gelecekteki yer altı suyunun varlığı ve yönetimi için potansiyel yer altı suyu bölgelerinin araştırılması ve belirlenmesinde hayati önem taşımaktadır.

Önceki çalışmalar kapsamında Gediz Nehri Havzası'nda yer altı su kütleleri ile ilgili olarak miktar, kalite, izleme, kullanılabilirlik ve kontaminasyon süreçlerine yönelik araştırmalar ile ekonomik analiz, tarımsal faaliyetler konuları üzerine çalışmalar yürütülmüştür (SYGM, 2016; SYGM, 2018; SYGM 2019a; SYGM 2019 b). Bununla birlikte çalışma alanındaki potansiyel yer altı suyu bölgelerinin AHY ve CBS teknikleri ile haritalanması konusunda bir çalışma mevcut değildir. Dolayısıyla mevcut çalışmada hazırlanan potansiyel yer altı suyu bölge haritası ile yer altı suyunun elde edilebileceği uygun sahaların bulunması, yer altı suyu kaynaklarının kullanımı için sürdürülebilir bir yaklaşımın geliştirilmesi ve hâlihazırda su stresi altında olan havzanın daha iyi arazi kullanım planlaması ile su

kaynaklarının kullanımı açısından farklı yönetim stratejilerinin oluşturulmasında etkili olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca potansiyel yer altı suyu içeren bölgelerin haritalanmasında CBS tekniklerinin kullanımının oldukça etkili olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanındaki su kaynaklarının %75'nin tarımsal uygulamalar amaçlı kullanılması hususu dikkate alındığında, elde edilen bulgular sulama süreçlerini, tarımsal üretimi ve evsel su kullanım verimliliğini iyileştirmek için önemli bir potansiyel taşımaktadır. Sunulan çalışmanın ilerletilmesine yönelik olarak araştırma kapsamında kullanılan parametrelere farklı kriterler (yer altı suyu seviyesi, topoğrafik pozisyon indeksi, NDVI (normalize edilmiş fark bitki indeksi), NDWI (normalize edilmiş fark su indeksi), faya yakınlık, akarsuya yakınlık vb.) ve uzaktan algılama teknikleri ilave edilerek analizin birçok tematik katmanla farklı senaryolar için gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir. Bu kapsamda faktör katmanların ağırlıklarına bağlı olarak havzayı temsil eden çeşitli model haritalar oluşturulabilecektir. Ayrıca gelecekte yapılacak araştırmalarda mekânsal çözünürlüğü daha yüksek (5 m, 12.5 m vb.) olan uydu verilerinin kullanılmasıyla elde edilecek sonuçların hata payı az olması nedeniyle havzayı daha ayrıntılı temsil edebileceği düşünülmektedir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Yazar çalışmaya altlık oluşturan açık kaynak verileri ve raporlar için Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu'na, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'ne, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'ne, Copernicus Arazi İzleme Servisi'ne, National Aeronautics and Space Administration The Prediction Of Worldwide Energy Resources'a, Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü ile Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'ne teşekkür eder.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the author.

Kaynaklar (References)

- Achu, A. L., Thomas, J., Reghunath, R., 2020. Multi-Criteria Decision Analysis for Delineation of Groundwater Potential Zones in a Tropical River Basin Using Remote Sensing, GIS and Analytical Hierarchy Process (AHP). *Groundwater for Sustainable Development*, 10, 100365.
- Agarwal, R., Garg, P. K., 2016. Remote Sensing and GIS Based Groundwater Potential & Recharge Zones Mapping Using Multi-Criteria Decision Making Technique. *Water Resources Management*, 30, 243-260.
- Ajay Kumar, V., Mondal, N. C., Ahmed, S., 2020. Identification of Groundwater Potential Zones Using RS, GIS and AHP Techniques: A Case Study in a part of Deccan Volcanic Province (DVP), Maharashtra, India. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 48(3), 497-511.
- Arulbalaji, P., Padmalal, D., Sreelash, K., 2019. GIS and AHP Techniques Based Delineation of Groundwater Potential Zones: A Case Study from Southern Western Ghats, India. *Scientific Reports*, 9(1), 2082.
- Bhuyan, M. J., Deka, N., 2024. Delineation of Groundwater Potential Zones at Micro-Spatial Units of Nagaon District in Assam, India, Using GIS-Based MCDA and AHP Techniques. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(41), 54107-54128.
- Biricik, A., 2014. Gediz Havzası'nın Su Potansiyeli. *Türk Coğrafya Dergisi*, (30), 13-23.
- Bradley, A. P., 1997. The Use of the Area Under the ROC Curve in the Evaluation of Machine Learning Algorithms. *Pattern Recognition*, 30(7), 1145-1159.
- Copernicus, 2025. Data of Land Use from Copernicus Land Monitoring Service. <https://land.copernicus.eu/> Erişim Tarihi: 12.01.2025.
- Dar, T., Rai, N., Bhat, A., 2021. Delineation of Potential Groundwater Recharge Zones Using Analytical Hierarchy Process (AHP). *Geology, Ecology, and Landscapes*, 5(4), 292-307.
- Diriba, D., Karuppannan, S., Takele, T., Husein, M., 2024. Delineation of Groundwater Potential Zonation Using Geoinformatics and AHP Techniques with Remote Sensing Data. *Heliyon*, 10(3).
- DSİ, 2025. Toprak Su Kaynakları. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, <https://dsi.gov.tr> Erişim Tarihi: 25.01.2025
- Falkenmark, M., Lundqvist, J., Widstrand, C., 1989. Macro-Scale Water Scarcity Requires Microscale Approaches. *Natural Resources Forum*, 13(4), 258-267.
- FAO/UNESCO, 2025. FAO/UNESCO Dünya Toprak Haritası, <https://fao.org> Erişim Tarihi: 17.01.2025
- Ganapuram, S., Kumar, G. V., Krishna, I. M., Kahya, E., Demirel, M. C., 2009. Mapping of Groundwater Potential Zones in the Musi Basin Using Remote Sensing Data and GIS. *Advances in Engineering Software*, 40(7), 506-518.
- Gündoğdu, V., Kocataş, A., 2006. Gediz Nehir Havzası Yönetim Planı Oluşturulmasına Yönelik Bir Yaklaşım. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(3), 371-378.
- Kaya, M., 2020; Gediz Deltası ve Yakın Çevresinde Zamansal Değişimin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Kom, K. P., Gurugnanam, B., Sunitha, V., 2024. Delineation of Groundwater Potential Zones Using GIS and AHP Techniques in Coimbatore District, South India. *International Journal of Energy and Water Resources*, 8(1), 85-109.
- Kumar, T., Gautam, A. K., Kumar, T., 2014. Appraising the Accuracy of GIS-Based Multi-Criteria Decision Making Technique for Delineation of Groundwater Potential Zones. *Water Resources Management*, 28, 4449-4466.

- Kütükçü, A., 2016; Komşu Havzaların Hidrolojik ve Morfolojik Olarak Karşılaştırılması. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Manap, M. A., Sulaiman, W. N. A., Ramli, M. F., Pradhan, B., Surip, N., 2013. A Knowledge-Driven GIS Modeling Technique for Groundwater Potential Mapping at the Upper Langat Basin, Malaysia. *Arabian Journal of Geosciences*, 6, 1621-1637.
- Mandal, U., Sahoo, S., Munusamy, S. B., Dhar, A., Panda, S. N., Kar, A., Mishra, P. K., 2016. Delineation of Groundwater Potential Zones of Coastal Groundwater Basin Using Multi-Criteria Decision Making Technique. *Water Resources Management*, 30, 4293-4310.
- MGM, 2025. İllere Ait İstatistiki Yağış Verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/>, Erişim Tarihi 12.01.2025.
- Mohammadi-Behzad, H. R., Charchi, A., Kalantari, N., Nejad, A. M., Vardanjani, H. K., 2019. Delineation of Groundwater Potential Zones Using Remote Sensing (RS), Geographical Information System (GIS) and Analytic Hierarchy Process (AHP) Techniques: A Case Study in the Leylia-Keynow Watershed, Southwest of Iran. *Carbonates and Evaporites*, 34, 1307-1319.
- MTA, 1961. 1/500.000 Ölçekli Jeoloji Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Murmu, P., Kumar, M., Lal, D., Sonker, I., Singh, S. K., 2019. Delineation of Groundwater Potential Zones Using Geospatial Techniques and Analytical Hierarchy Process in Dumka District, Jharkhand, India. *Groundwater for Sustainable Development*, 9, 100239.
- Nampak, H., Pradhan, B., Abd Manap, M., 2014. Application of GIS Based Data Driven Evidential Belief Function Model to Predict Groundwater Potential Zonation. *Journal of Hydrology*, 513, 283-300.
- NASA Power, 2025. The Prediction of Worldwide Energy Resources. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> Erişim Tarihi 25.01.2025.
- Panahi, M. R., Mousavi, S. M., Rahimzadegan, M., 2017. Delineation of Groundwater Potential Zones Using Remote Sensing, GIS, and AHP Technique in Tehran-Karaj Plain, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 76, 1-15.
- Pande, C. B., Moharir, K. N., Panneerselvam, B., Singh, S. K., Elbeltagi, A., Pham, Q. B., Rajesh, J., 2021. Delineation of Groundwater Potential Zones for Sustainable Development and Planning Using Analytical Hierarchy Process (AHP), and MIF techniques. *Applied Water Science*, 11(12), 186.
- Patra, S., Mishra, P., Mahapatra, S. C., 2018. Delineation of Groundwater Potential Zone for Sustainable Development: A Case Study from Ganga Alluvial Plain Covering Hooghly District of India Using Remote Sensing, Geographic Information System and Analytic Hierarchy Process. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2485-2502.
- Pinto, D., Shrestha, S., Babel, M. S., Ninsawat, S., 2017. Delineation of Groundwater Potential Zones in the Comoro Watershed, Timor Leste using GIS, Remote Sensing and Analytic Hierarchy Process (AHP) Technique. *Applied Water Science*, 7, 503-519.
- Rajasekhar, M., Raju, G. S., Sreenivasulu, Y., Raju, R. S., 2019. Delineation of Groundwater Potential Zones in Semi-Arid Region of Jilledubanderu River Basin, Anantapur District, Andhra Pradesh, India Using Fuzzy Logic, AHP and Integrated Fuzzy-AHP Approaches. *HydroResearch*, 2, 97-108.
- Saaty T. L., 2000. *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process* (Vol. 6). RWS publications.
- Saaty, T. L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. Mc Graw-Hill, New York, 19.
- Saaty, T. L., 1990. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operation Research*, 48, 9-26.
- Saranya, T., Saravanan, S., 2020. Groundwater Potential Zone Mapping Using Analytical Hierarchy Process (AHP) and GIS for Kancheepuram District, Tamilnadu, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 6(2), 1105-1122.
- Seçen, B., 2024. Gediz graben sistemine ait Akçapınar ve Salihli Segmentlerinin Paleosismolojik Hendek Çalışmaları ile İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Shao, Z., Huq, M. E., Cai, B., Altan, O., Li, Y., 2020. Integrated Remote Sensing and GIS Approach Using Fuzzy-AHP to Delineate and Identify Groundwater Potential Zones in Semi-Arid Shanxi Province, China. *Environmental Modelling & Software*, 134, 104868.
- Shekhar, S., Pandey, A. C., 2015. Delineation of Groundwater Potential Zone in Hard Rock Terrain of India Using Remote Sensing, Geographical Information System (GIS) and Analytic Hierarchy Process (AHP) Techniques. *Geocarto International*, 30(4), 402-421.
- SYGM, 2016. İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi, Proje Nihai Raporu Ek-7 Gediz Havzası, Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 390.
- SYGM, 2018. Gediz Havzası Nehir Havza Yönetim Planı. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- SYGM, 2019a. Gediz Havzası Kuraklık Yönetim Planı. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Cilt 1, Ankara.
- SYGM, 2019b. Gediz Havzası Taşkın Yönetim Planı. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Cilt 1, Ankara.
- TÜİK, 2021. Nüfus İstatistikleri Portalı. Türkiye İstatistik Kurumu, <https://data.tuik.gov.tr/> Erişim tarihi: 27.12.2024.
- UNDP, 2015. Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri <https://www.undp.org/sustainable-development-goals/> Erişim tarihi: 20.12.2024.
- Uc Castillo, J. L., Martinez Cruz, D. A., Ramos Leal, J. A., Tuxpan Vargas, J., Rodriguez Tapia, S. A., Marin Celestino, A. E., 2022. Delineation of Groundwater Potential Zones (GWPZs) in a Semi-Arid Basin through Remote Sensing, GIS, and AHP Approaches. *Water*, 14(13), 2138.
- United Nations, 2024. The Sustainable Development Goals Report, 2024. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2024/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2024.pdf/>, Erişim Tarihi 24.01.2025.
- USGS, 2025. Earth Data and Digital Elevation Model (DEM) for Gediz River Basin. United States Geological Survey. <https://www.usgs.gov/> Erişim Tarihi: 05.01.2025.
- Verma, N., Patel, R. K., 2021. Delineation of Groundwater Potential Zones in Lower Rihand River Basin, India Using Geospatial Techniques and AHP. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(3), 559-570.
- Yılmaz, M., 2023. Gediz ve Büyük Menderes Nehir Yataklarında Meydana Gelen Uzun Süreli Değişimin Landsat Uydu Görüntüleriyle Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.